ARIB

携帯型無線端末の比吸収率測定法

SPECIFIC ABSORPTION RATE (SAR) ESTIMATION
FOR CELLULAR PHONE

標　準　規　格

ARIB　STANDARD

ARIB STD-T56　3.2版

平成10年 1月27日　策　　定
平成14年 1月24日　２．０改定
平成23年 7月 7日　３．０改定
平成24年12月18日　３．１改定
平成26年 3月18日　３．２改定

一般社団法人　電　波　産　業　会

Association of Radio Industries and Businesses

まえがき

一般社団法人電波産業会は、無線機器製造者、電気通信事業者、放送機器製造者、放送事業者及び利用者の参加を得て、各種の電波利用システムに関する無線設備の標準的な仕様等の基本的な要件を『標準規格』として策定している。
『標準規格』は、周波数の有効利用及び他の利用者との混信の回避を図る目的から定められる国の技術基準と、併せて無線設備、放送設備の適正品質、互換性の確保等、無線機器製造者、電気通信事業者、放送機器製造者、放送事業者及び利用者の利便を図る目的から策定される民間の任意基準をとりまとめて策定される民間の規格である。

本標準規格は、『携帯型無線端末の比吸収率測定法』について策定されたもので、策定段階における公正性及び透明性を確保するため、内外無差別に広く無線機器製造者、電気通信事業者、放送機器製造者、放送事業者及び利用者の利害関係者の参加を得た当会の規格会議の総意により策定されたものである。

一般社団法人電波産業会の前身である旧電波システム開発センターは、旧郵政省電気通信技術審議会が平成 2 年に答申した諮問第 38 号『電波利用における人体の防護指針』に準拠して、自主基準として『電波防護標準規格 RCR STD-38』を平成 5 年にとりまとめた。その後、平成 9 年に諮問 89 号に対する電気通信審議会答申『電波利用における人体防護の在り方』が公表され、身体の近傍に電波の発射源があるような場合に適用する局所吸収指針が明確に規定された。また、平成 10 年に「電波の強度に対する安全施設」の設置が義務付けられるとともに、『電波防護指針への適合を確認するための電波の強度の測定方法及び算出方法』が答申された。これらのことから電波産業会は、平成 11 年に RCR STD-38 の改訂を行い 2.0 版を策定し、局所吸収指針については、"2.4 節　局所吸収規格" の項において、「電磁波放射源(主にアンテナ)や金属(筐体等)と人体との距離が 10cm 以内(周波数 300MHz 以上 3GHz 未満)の場合には、局所吸収規格を原則として適用する」と規定している。
局所吸収指針に関して総務省は、諮問 89 号答申に基づき、人体頭部における比吸収率（SAR）の許容値を制定する省令を公布し、平成 14 年 6 月 1 日より施行している。
携帯電話端末等に対する SAR の測定方法については、国際標準化機関の IEC（TC106）において、各国での局所吸収指針の制度化に共通的に使用することを目的に具体的な技術基準の標準化が進められてきた。この進展に合わせて電気通信技術審議会は、諮問第 118 号として平成 12 年に『携帯電話端末等に対する比吸収率の測定方法』のうち『人体側頭部の側で使用する携帯電話端末等に対する比吸収率の測定方法』を答申した。総務省は、この答申に基づき平成 13 年に『人体頭部における比吸収率の測定法』を定める告示を出し、平成 14 年 6 月 1 日より施行している。

一方、電波産業会は、平成 9 年の諮問第 89 号電気通信審議会答申の「身体の近傍に電波の発射源があるような場合に適用する局所吸収指針」に対して、その適合性を実験的に確認するための測定技術基準を『ARIB STD-T56 1.0 版』として平成 10 年 1 月 27 日に世界に先駆けて策定し自主的に運用してきた。しかし、平成 12 年の諮問第 118 号答申に基づく平成 13 年の省令により国家標準が規定されたことから、この規定にかかわる詳細な測定技術基準の改定を行い平成 14 年 1 月 24 日に『ARIB STD-T56 2.0 版』を発行し利用してきた。

しかし、近年におけるモバイルコンピューティング等の急速な発展により、無線端末が多様化して人体側頭部以外でのばく露形態が一般化しつつあることや、第 4 世代携帯電話、無線 LAN などにおける 3GHz 以上の周波数利用が進展しつつあることから、総務省は情報通信審議会に対して平成 21 年 7 月 28 日第 2030 号『局所吸収指針の在り方』について諮問し平成 23 年 5 月 17 日に答申を受けている。さらに SAR の測定方法についても IEC の最新基準との整合性確保等を目的として、情報通信審議会は、諮問第 118 号として平成 23 年 10 月 28 日に『携帯電話端末等に対する比吸収率の測定方法』のうち『人体側頭部を除く人体に近接して使用する無線機器等に対する比吸収率の測定方法』を答申した。総務省は、この答申に基づき平成 25 年に『人体（頭部及び両手を除く。）における比吸収率の許容値及び測定方法』を制定する省令を公布した。（平成 26 年 4 月 1 日より施行）

本標準規格は、局所 SAR を実際に測定する際の、技術要件の詳細及び技術解説等を世界の標準化機関（IEC、CENELEC、IEEE 等）の最新規格との整合性を考慮しつつ、平成 23 年 7 月 7 日に『ARIB STD-T56 3.0 版』として取りまとめた。その後、平成 23 年答申との整合を図るため『ARIB STD-T56 3.1 版』として改定し、今回平成 25 年省令を踏まえて『ARIB STD-T56 3.2 版』として取りまとめた。本標準規格が示す技術は、携帯電話端末に類似したばく露形態を持つ各種無線機器や端末に対しても応用することが出来る。

無線機器製造業者、電気通信事業者、利用者等が携帯電話端末等の局所吸収指針適合性を判断するに当って、本資料に記述する技術情報を基準にして適切な評価を行い、もって、電波利用の円滑な普及・促進に寄与することが期待される。

本標準規格が、無線機器製造者、電気通信事業者、放送機器製造者、放送事業者及び利用者に積極的に活用されることを希望する。

尚、付録は本文中で引用している事項を記述しているものであり、規格の一部として扱われる文書である。

注意：

本標準規格では、本標準規格に係る必須の工業所有権に関して特別の記述は行われていないが、

当該必須の工業所有権の権利所有者は、「本標準規格に係る工業所有権である別表１及び別表 2 に掲げる権利は、別表１及び別表 2 に掲げる者の保有するところのものであるが、本標準規格を使用する者に対し、別表１の場合には一切の権利主張をせず、無条件で当該別表１ に掲げる権利の実施を許諾し、別表 2 の場合には適切な条件の下に、非排他的かつ無差別に当該別表 2 に掲げる権利の実施を許諾する。ただし、本標準規格を使用する者が本標準規格で規定する内容の全部又は一部が対象となる必須の工業所有権を所有し、かつ、その権利を主張した場合、その者についてはこの限りではない。」旨表明している。

別表１　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　（第一号選択）

（なし）

別表２　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　（第二号選択）

特許出願人	発明の名称	出願番号等	備考
ソニー（株）	ARIB STD-T56 3.2 版について包括確認書を提出※		

※1：ARIB STD-T56 3.2 版について有効（平成 26 年 3 月 11 日受付）

目　　　次

第１章　一般事項

1.1　概要

本比吸収率測定方法（以下「本測定方法」という。）は、人体の 20cm 以内で使用される無線通信機器について、電波防護指針の局所吸収指針に対する適合性評価に使用する標準的な測定方法を提示することにより、電波防護指針の円滑な運用を図ることを目的とする。

本測定方法では、電界プローブを使用する測定方法として IEC（国際電気標準会議）62209-1 および 62209-2 に準拠している。従って、本測定法にて規定されていない事柄については、該当する IEC 規格を参照すること。

なお、研究・技術の進展や革新により本測定法に記載される技術事項に改良すべき事項が生じた場合、並びに新たな測定法が提案され、その有効性が確認された場合には速やかに内容の改定や新たな測定法の追加を行うこととする。

1.2　適用範囲

1.2.1　対象

本測定方法の対象機器は、手掌を除く人体に対して 20cm 以内に近接して使用する無線機器で、電波発射源が手掌を除く、人体に対して 20 cm 以内の近傍に存在するもののみを対象とする。対象機器には例えば携帯電話端末、無線データ端末や RFID などが含まれる。

体内に金属等の異物を植え込んでいる場合等のばく露は対象としない。

1.2.2 周波数範囲

本測定方法は、30MHz 以上 6GHz 以下の周波数帯域に適用する。但し、人体側頭部の側で使用する携帯電話端末等については、300MHz 以上 3GHz 以下とする。

1.3　SAR 評価

1.3.1 SAR 評価の基本手順

1.3.1.1 単一送信・複数送信の有無確認

被測定機に搭載されている送信機の数、システムの種類などを確認する

1.3.1.1.1 単一送信の場合

平均電力の算出を行い、表 4.1 に従い SAR 評価が必要か確認する

1.3.1.1.2 複数送信の場合

・同時に送信しない場合、各々の時間平均電力を算出し、表 4.1 に従い SAR 評価が必要か確認す

る

・同時に複数帯域を送信する場合、それらの時間平均電力の総和を算出し、表 4.1 に従い SAR 評価が必要か確認する。

備考）現行の人体側頭部測定法では、複数送信の測定法が規定されていないが、人体側頭部以外の測定法に準拠した測定をすることができる。

以上の基本手順を図 1.3-1 に示す。

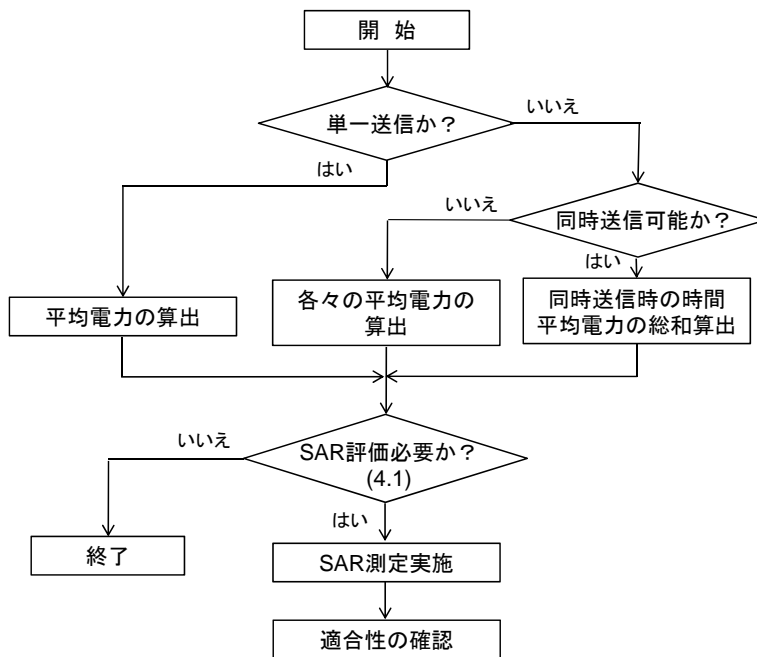



図 1.3-1　SAR 評価の基本手順

1.3.2 SAR 評価の流れ

1.3.2.1 人体側頭部／人体側頭部以外の確認

被測定機が人体側頭部、人体側頭部以外の使用かを確認する

1.3.2.1.1 人体側頭部の場合

3.1.3 の測定位置で SAR 評価を行う

1.3.2.1.2 人体側頭部以外の場合

・被測定機の製造者等が取扱説明書等において、当該機器の使用方法を明示している場合には、明示された位置に従い試験すること。(3.1.4.1)

・意図した所定の使用や取り扱い手順がない場合は一般機器として扱い、近接可能な機器の全ての面に対してそれぞれ平面ファントムに密着させて設置し SAR 評価を行うこと。(3.1.4.2)

以上の条件を含む SAR 測定の流れを図 1.3-2 に示す。

開 始
人体側頭部／側頭部以外の確認
人体側頭部以外
人体側頭部
使用方法が明確？
いいえ
はい
一般機器による測定
使用方法による測定
側頭部設置による測定
他の設置条件？
ある
ない
終了

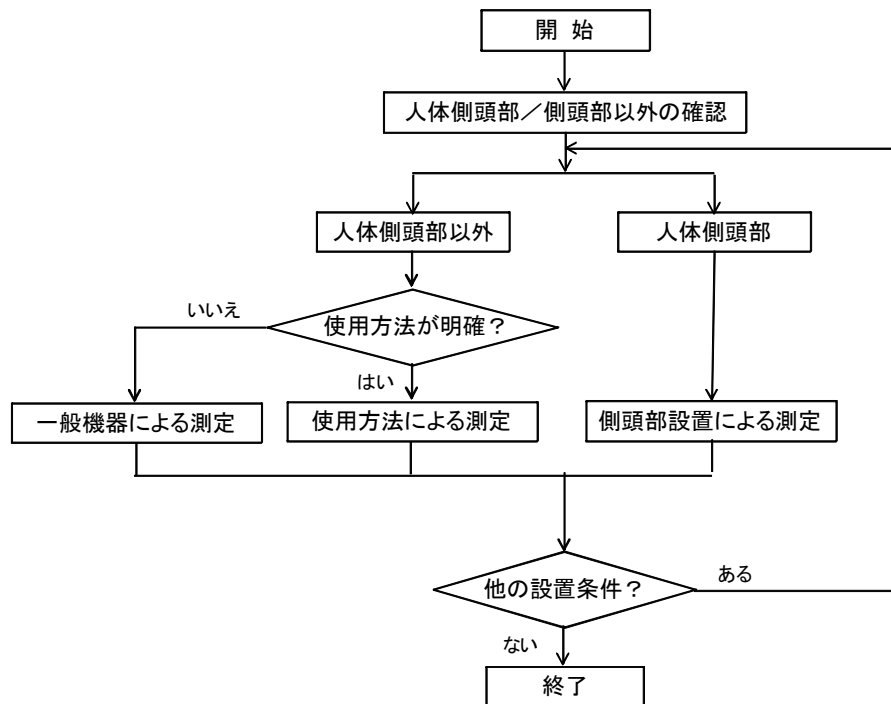



図 1.3-2　SAR 評価の流れ

1.4　準拠文書

① IEC 62209-1: 2005, Human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-mounted wireless communication devices – Human models, instrumentation, and procedure – Part 1: Procedure to determine the specific absorption rate (SAR) for hand-held devices used in close proximity to the ear (frequency range of 300 MHz to 3 GHz)

②情報通信審議会答申　諮問第 118 号,「携帯電話端末等に対する比吸収率の測定法」のうち、「人体側頭部の側で使用する携帯電話端末等に対する比吸収率の測定法」平成 18 年 1 月 23 日

③ IEC 62209-2: 2010, Human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-mounted wireless communication devices – Part2: Procedure to determine the specific absorption rate (SAR) for wireless communication devices used in close proximity to the human body (frequency range of 30 MHz to 6 GHz)

④IEC 62479: 2010, Assessment of the compliance of low-power electronic and electrical equipment with the basic restrictions related to human exposure to electromagnetic fields (10 MHz to 300 GHz)

⑤情報通信審議会答申　諮問第 118 号,「携帯電話端末等に対する比吸収率の測定法」のうち、「人体側頭部を除く人体に近接して使用する無線機器等に対する比吸収率の測定法」平成 23 年 10 月 28 日

第２章　測定法の基本的事項

2.1　測定原理

SAR の測定方法においては、擬似的な人体モデル（ファントム）を用いた模擬的ばく露状態を実現することにより、人体内に生ずるであろう SAR を実験的に推定する。測定系は、実際のばく露状態を良好に模擬でき、しかもより正確な推定値が得られるようなものであることが望ましい。これまで、ファントム内部の電界分布や内部電界に起因する温度上昇分布の測定値から SAR を推定する方法などが提案されている。

本規格が採用するプローブ走査型 SAR 測定方法は、人体の電気的特性を模擬した液剤を充填したファントム内部の電界分布を等方性の電界プローブを用いて高精度に測定し、その測定値から 1g 又は 10g 平均の局所 SAR を算出することを基本原理とする。SAR と電界強度との間には次式の関係がある。

$$SAR(x,y,z) = \sigma E^2 (x,y,z) / \rho \quad [W/kg]$$

ただし、SAR(x,y,z)及び E(x,y,z)は、それぞれ位置(x,y,z)における SAR 値と電界強度の測定値（実効値）、また、σ 及び ρ は、それぞれファントムの導電率と密度である。本測定方法は、これまで提案されている他の方法と比較して、SAR 分布測定の精度、再現性等の点で優れている。ただし、測定値の信頼性を確保するために、測定系の条件や局所 SAR の算出方法等を詳細に決めておくことが必要である。

2.2　測定系の概要

測定系は、図 2.2-1 に示すように、ファントム、SAR 計測装置、プローブ走査装置、被測定機の保持器及び基地局シミュレータから構成される。

- 周囲温度は 18°C から 25°C の範囲とする。（平成 25 年総務省告示第 324 号による無線設備規則第十四条の二　以下、無線設備規則第十四条の二　と記載）
- 他の無線設備に影響を与えないこと。
- 周囲ノイズ（例えば、測定システムのノイズ、ロボットモーターのノイズ、他の RF 送信機など）の影響が、SAR で 0.012 W/kg 以下とする。（無線設備規則第十四条の二）
- 基地局シミュレータなどの送信設備、床、位置決め装置等からの反射の影響が、測定する SAR の 3%未満であること。（無線設備規則第十四条の二）

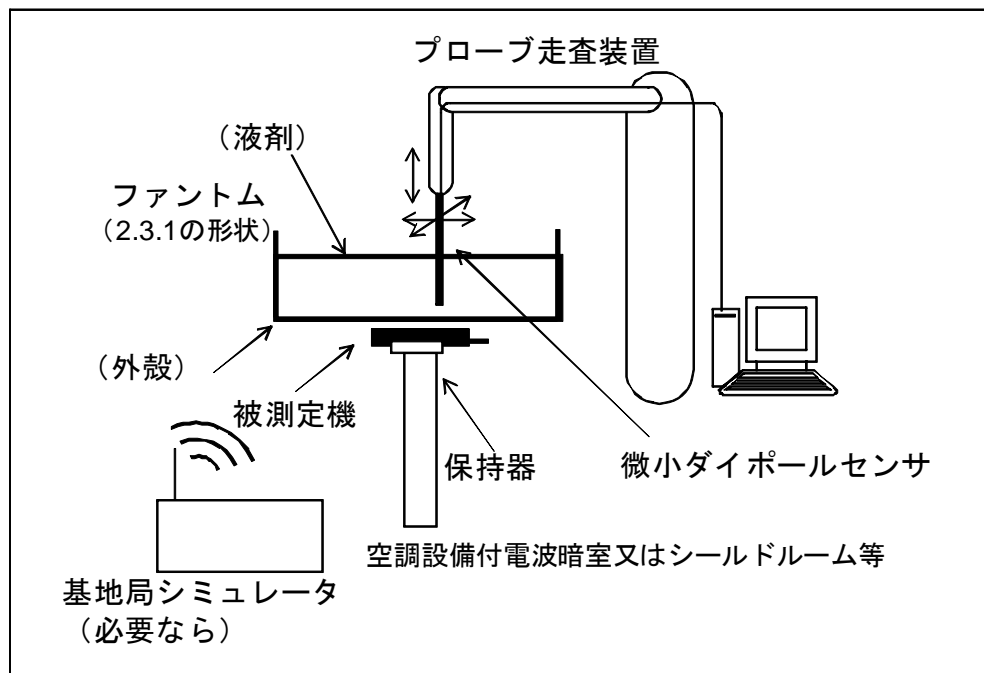



図 2.2-1 測定系の基本構成図

2.3　ファントム

ファントムの大きさや形状は、SAR 値に関わる主要なパラメータであることから、人体を模擬していることが望ましい。また、その電気的特性も人体組織と同等の特性を有することが望ましい。ファントム内部で電界プローブを走査可能にするため、このファントムは、上部に開口部をもつ外殻に液剤を充填した構成とする。外殻は形付けられた容器として用い、可能な限り測定に影響を与えないものである。

2.3.1　形状と寸法

ファントムの形状と寸法は、表 2.3-1 を満足すること。ファントムの根拠については、付録 1 を参照。

表 2.3-1　ファントム （無線設備規則第十四条の二）

	人体側頭部	人体側頭部以外
形状及び公差	IEC 62209-1（図 2.3-1）	底面が平坦で上部が開いている楕円形で、長径 600±5 mm、短径 400±5mm [備考]、底面の厚さは、2±0.2mm で、液剤を充てんした際、底面の中

		心におけるたわみが 2mm 未満（図 2.3-2）
外殻の材質	誘電正接は 0.05 以下、 比誘電率の実部は 3 GHz 以下で 5 以下	誘電正接は 0.05 以下、 比誘電率の実部は 3 GHz 以下で 5 以下、 3 GHz 超で 3 以上 5 以下

図 2.3-1　ファントムの概念図

400 ±5 mm
600 ±5 mm
液剤深さ150 mm以上
2.0 ±0.2 mm

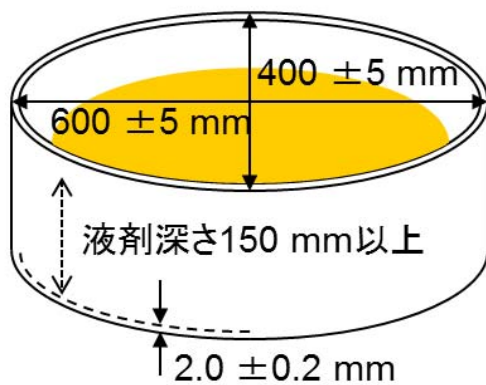



図 2.3-2　人体側頭部以外のファントムの概念図

備考）周波数が 300 MHz を超え、ファントム外殻底面の外側表面からの離隔距離が 25 mm 以下の場合。

（１）周波数が 300 MHz を超え 800 MHz 以下

長径 0.6 λ_0（λ_0は自由空間中の波長、単位はメートル）、短径 0.4 λ_0の楕円形を包含すれば平面ファントム底面の壁はどのような形状のファントムでもよい。（無線設備規則第十四条の二）

（２）周波数が 800 MHz を超え 6 GHz 以下

長径 225 mm、短径 150 mm の楕円形を包含すれば底面の壁はどのような形状のファントムでもよい。（無線設備規則第十四条の二）

2.4　液剤

ファントムに充填する液剤の電気的特性は、表 2.4-1 に従うこと。表の数値間の値については、線形補間で求めること。（無線設備規則第十四条の二）液剤の調合例を参考資料４に示す。

表 2.4-1　液剤の電気的特性（無線設備規則第十四条の二）

周波数 (MHz)	人体側頭部		人体側頭部以外	
	比誘電率の実部　εr’	導電率 σ (S/m)	比誘電率の実部　εr’	導電率 σ (S/m)
30	規定なし	規定なし	55.0	0.75
150	規定なし	規定なし	52.3	0.76
300	45.3	0.87	45.3	0.87
450	43.5	0.87	43.5	0.87
733 備考	42.0	0.89	42.0	0.89
750	規定なし	規定なし	41.9	0.89
835	41.5	0.90	41.5	0.90
900	41.5	0.97	41.5	0.97
1450	40.5	1.20	40.5	1.20
1800	40.0	1.40	40.0	1.40
1900	40.0	1.40	40.0	1.40
1950	40.0	1.40	40.0	1.40
2000	40.0	1.40	40.0	1.40
2100	規定なし	規定なし	39.8	1.49
2450	39.2	1.80	39.2	1.80
2600	規定なし	規定なし	39.0	1.96
3000	38.5	2.40	38.5	2.40
3500	規定なし	規定なし	37.9	2.91
4000	規定なし	規定なし	37.4	3.43
4500	規定なし	規定なし	36.8	3.94
5000	規定なし	規定なし	36.2	4.45
5200	規定なし	規定なし	36.0	4.66
5400	規定なし	規定なし	35.8	4.86
5600	規定なし	規定なし	35.5	5.07
5800	規定なし	規定なし	35.3	5.27
6000	規定なし	規定なし	35.1	5.48

備考）無線設備規則第十四条の二に規定なし（線形補間）

2.5　SAR 計測装置

・SAR の最小検出限界値ならびに最大検出限界値は、表 2.5-1 を満足すること。

・感度、直線性及び等方性は、測定周波数における生体組織の電気的特性を模擬する液剤中にて評価すること。

・電界プローブセンサ部の外形寸法は、表 2.5-1 を満足すること。なお、電界プローブは定期的に較正しておくこと。

表 2.5-1　SAR 計測装置

	人体側頭部	人体側頭部以外
最小検出限界値	< 0.0 1 W/kg （無線設備規則第十四条の二）	≤ 0.0 1 W/kg （無線設備規則第十四条の二）
最大検出限界値	> 100 W/kg （無線設備規則第十四条の二）	規定なし[備考]
直線性	≤ ± 0.5 dB (0.01 W/kg ≤ SAR ≤ 100 W/kg) （無線設備規則第十四条の二）	規定なし[備考]
電界プローブセンサ部の大きさ	保護カバー直径　≤ 8 mm	先端部直径 ≤ 8 mm (f≤ 2 GHz) ≤ λ/3 (f> 2 GHz) （無線設備規則第十四条の二）

λ:液剤中の波長 (mm)

備考）不確かさで評価すること

2.6　プローブ走査装置

2.6.1　概要

3 次元 SAR 分布の評価ができるように、電界プローブを液剤内で走査可能であること。機械的構造が SAR 測定を妨げないこと。

2.6.2　技術的条件

(1)　精度

測定範囲に対するプローブ先端の位置決めの精度は、各走査位置について±0.2mm の範囲内であること。（無線設備規則第十四条の二）

(2)　位置決め分解能

1mm 以下であること。（無線設備規則第十四条の二）

2.7　保持器

・人体側頭部については、傾斜角度の誤差が±1°の範囲内であること。（無線設備規則第十四条の二）

・保持器材質の誘電正接は 0.05 以下であること。保持器材質の比誘電率の実部は 5 以下であること。（無線設備規則第十四条の二）

第３章　具体的測定方法

3.1　測定系のセットアップ

3.1.1　一般事項

・ファントム液剤の電気的特性について、表 3.1-1 を満足すること。

・ファントム液剤の深さは、表 3.1-1 を満足すること。

・測定前にファントム液剤を慎重にかき混ぜ、気泡がないようにすること(特にプローブ走査領域)。

・測定系及び各構成部分が条件どおりに正確に動作していることを確認すること。

・SAR 算出には、測定した電気特性を用いること。人体側頭部以外については、付録 9 に従って補正をすること。但し、補正量が負の場合には、補正を行わないこと。（無線設備規則第十四条の二）

表 3.1-1　セットアップ

	人体側頭部	人体側頭部以外
ファントム液剤温度	規定なし	18°C から 25°C の範囲とする
ファントム液剤の電気的特性	SAR 測定前の 24 時間以内に、ファントム液剤の電気的特性を測定すること。(無線設備規則第十四条の二)	SAR 測定前の 24 時間以内に、ファントム液剤の電気的特性を測定すること。(無線設備規則第十四条の二）もしくは、もし測定施設が 1 週間を上限とした間隔の測定で表 2.4-1 の値に適合できるなら、より少ない頻度に測定間隔を広げることができる
試験中の液剤温度の変化	液剤特性測定の間の液剤温度から±2°C を超えないこと。	液剤特性測定の間の液剤温度から±2°C を超えないか、または SAR 偏差が±5%以内になる温度変化か、どちらか小さい方とすること。
ファントム液剤の偏差	表 2.4-1 で指定された値に対して許容偏差±5%の範囲であること。2-3 GHz ではの比誘電率の偏差は±10%以内とすることが	表 2.4-1 で指定された値に対して許容偏差±10%の範囲であること。(無線設備規則第十四条の二）

	できる。(無線設備規則第十四条の二)	
ファントム液剤の深さ	耳の基準点（RE、LE 点）にて 15 cm 以上になること。(無線設備規則第十四条の二)	15 cm 以上になること。3 GHz – 6 GHz の周波数範囲に対しても 15 cm の深さとすることが望ましいが、液剤の上部表面からの反射により SAR 値の変動が 1% を超えないなら減らすことができる。(無線設備規則第十四条の二)

3.1.2　被測定機

・測定に際して被測定機は、表 3.1-2 に示す送信機を使うこと。

・アンテナ、バッテリ及び付属品は、被測定機の製造者により指定されたものであること。(無線設備規則第十四条の二)

・空中線電力及び周波数は、内部試験プログラム又は、適切な試験装置（基地局シミュレータ）を使って制御すること。(無線設備規則第十四条の二)

・空中線電力は、被測定機を送信モード／もしくは動作必要条件で定義されている最大出力値に設定すること。ただし、最大出力で SAR が困難な場合は、それより低出力で測定し、最大出力時の SAR に換算してもよい。(無線設備規則第十四条の二)

備考）LTE (Long Term Evolution)対応送信機については、付録 3 を参照のこと。

表 3.1-2　送信機の条件

	人体側頭部	人体側頭部以外
送信機	被測定器の内部送信機を使うこと (無線設備規則第十四条の二)	内部、一体化、または外部で接続された送信機を使うこと（無線設備規則第十四条の二)
外部との接続	バッテリは、各測定前に十分に充電し、外部との接続がないこと。(無線設備規則第十四条の二)	通常の使用状態において必要な場合以外は、電源等のケーブルを接続しないこと。(無線設備規則第十四条の二)
単一なバッテリ充電による測定	規定なし[備考]	下記の方法でドリフトを評価し補正すること（詳細は、IEC 62209-2 6.1.3.2 参照)

		1) バッテリの放電特性 2) 累積ドリフト計算
外部電力源による動作機器	バッテリは、各測定前に完全に充電し、外部との接続がないこと。	バッテリは、各測定前に完全に充電し、外部との接続がないこと。但し、被測定機の電源が外部電源のみの場合は、製造者が指定したケーブルを用いて適切な外部電源に接続する。(無線設備規則第十四条の二)
送信信号	擬似的なベースバンド信号を用い、該当する通信方式の信号形式に従った連続送信とする（無線設備規則第十四条の二)	規定なし

備考）現行の人体側頭部測定法では、一回のバッテリ充電で連続的に測定する際の SAR 補正について規定されていないが、人体側頭部以外の測定法に準拠した測定をすることができる。

3.1.3 人体側頭部における標準的な測定位置（無線設備規則第十四条の二）

被測定機は、ファントムの左右両側について、次に規定する二つの位置で測定すること。

垂直中央線
Wt/2
Wt/2
水平線
A
受話部
B
Wb/2
Wb/2

(a) 箱型

垂直中央線
Wt/2 Wt/2
水平線
A
受話部
B
Wb/2 Wb/2

(b) 折り畳み型

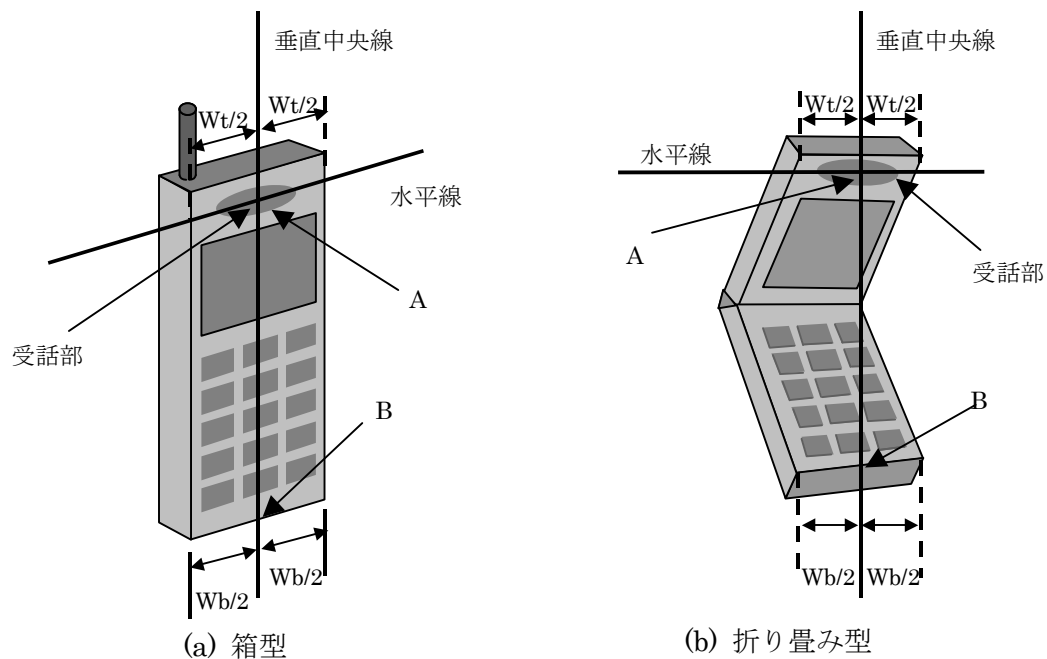



図 3.1-1 被測定機の例

(1) 頬の位置

頬の位置を、以下のように定義する。

図 3.1-1(a)および(b)に示す 2 直線（垂直中央線と水平線）を確認する。垂直中央線は、被測定機の前面の 2 つの点を通る線である。2 つの点は、被測定機の受話部の高さでの幅 Wt の中央点と被測定機の底辺部の幅 Wb の中央点である。水平線は、被測定機の受話部の中央を通り垂直中央線に対し直交する。2 つの線は A 点で交差する。

a) 垂直中央線と水平線を、ファントムの正中面に平行に位置させ、かつ、A 点が RE と LE を結ぶ直線と交差するように被測定機を置くこと（図 3.1-2 (a)）。
b) A 点を RE-LE 間の線と合わせたまま、耳に接触するまで被測定機をファントムに向かって動かすこと（図 3.1-2 (b)）。
c) 正中面と平行な面内に被測定機を保持しながら、A 点を中心に両耳と口の三つの基準点（M、RE 及び LE）を含む基準面に垂直中央線を合わせるように被測定機を回転させること（図 3.1-2 (a)）。
d) 基準面内に被測定機の垂直中央線を保ち、かつ、被測定機が耳に接触した状態で被測定機前面のいずれかの点が、ファントムの頬に接触するまで被測定機の底を動かすこと（図 3.1-2 (c)）。ただし、頬に接触する前に耳から離れた場合は、その位置で測定すること（図 3.1-2 (c)）。

(a) (b)

(c)

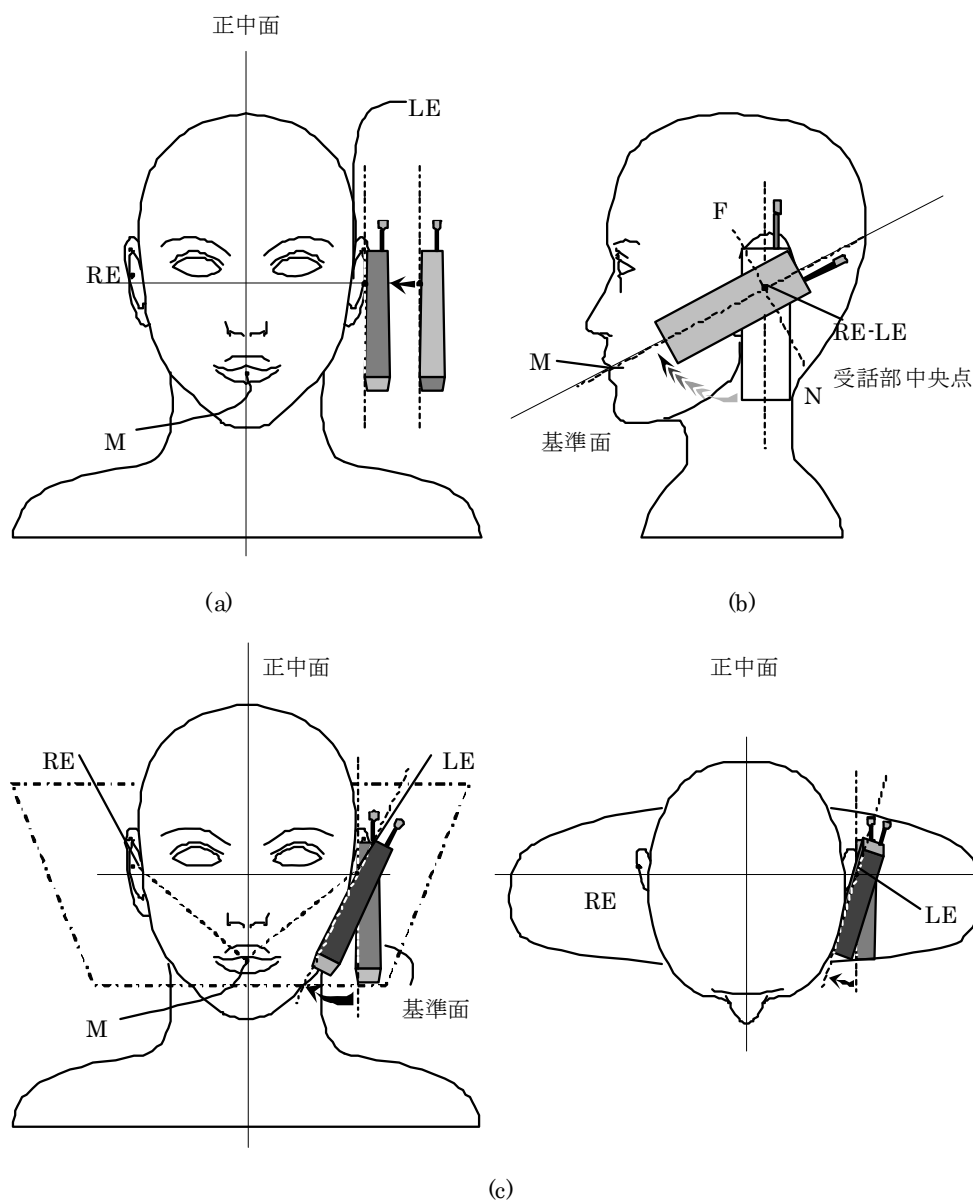



図 3.1-2 頬の位置

(2) 傾斜の位置

傾斜の位置を以下のように定義する。

a) (1)の頬の位置に被測定機を置くこと（図 3.1-2(c))。

b) 被測定機の向きを変えずに、被測定機を参照面に対し平行に移動し、被測定機が 15°回転できるまでファントムから十分に離す。

c) (1)の基準面内に被測定機の垂直中央線を保ちながら、A 点を中心点として頬の位置の状態から外側に 15°の角度まで被測定機を回転させること（図 3.1-3)。ただし、15°の角度にいたる前に、被測定機の 1 ヶ所が耳に接触し、同様に他の部分がファントムに接触している場合は、傾斜角度は 15°より小さくてよい。

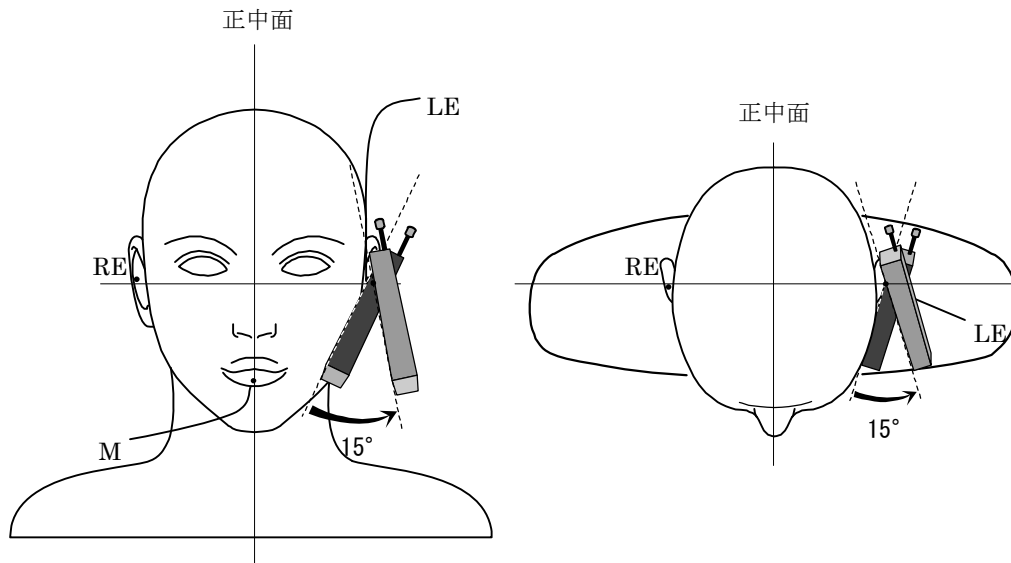



図 3.1-3 傾斜の位置

3.1.4　人体側頭部以外の測定位置

・被測定機の製造者等が取扱説明書等において、当該機器の使用方法が明示されている場合には、明示された位置とする。（無線設備規則第十四条の二）また、試験は明示した条件に限ること。

・使用方法が明示されていない場合は、被測定機の全ての面に対してファントム外殻下部に密着させたそれぞれの位置とする。（無線設備規則第十四条の二）

・上記のほか、3.1.4.1 記載の IEC の規格 62209-2 で定める位置方法に準じることができる。

・被測定機の大きさがファントム外殻の大きさを超える場合は、被測定機全体を網羅できるよう、測定位置を変更し複数回測定のこと。このとき、連続する測定における被測定機の領域を 1/3 以上重複させること。（無線設備規則第十四条の二）

3.1.4.1　使用形態による測定位置

IEC 62209-2 6.1.4.3　～　6.1.4.11 に使用形態別の分類が記載されており、これらに準じた測定位置とすることができる。

1)　一般機器
2)　身体装着機器（付録 4）
3)　ヒンジか回転可能なアンテナを搭載した機器
4)　身体保持機器
5)　デスクトップ機器
6)　顔正面利用機器

7) 手持ち機器
8) 手足装着機器
9) 衣服一体型機器

3.1.4.2　ホスト装置が必要な被測定器の測定位置

ホスト装置に装着され両者が一体化する送信機、例えばモジュール型送信機、USB ドングル/カードタイプの送信機については、3.1.4.1 の使用形態による設置方法とすること。これらの測定については付録 5 を参照のこと。

3.2　測定

3.2.1　一般条件（無線設備規則第十四条の二）

(1) 人体側頭部の測定は、3.1.3 で記述した(1)と(2)の両方の位置に対して、ファントムの左右両側にて各動作帯域の中央付近の周波数を使って行うこと。人体側頭部以外については、3.1.4 記述の設置に対して各動作帯域の中央付近の周波数を使って行うこと。

(2) 被測定機の全ての構成（例えば、収納可能なアンテナを持つ場合には、アンテナを伸ばした状態と収納した状態の両方など）で(1)の試験を行うこと。

(3) マルチモード機能又は複数の使用帯域を持つ被測定機を測定する場合には、各送信モード又は帯域について対応する最大送信出力で(1)の試験を行うこと。

(4) 送信周波数帯域幅が中心周波数の 1%を超え、かつ、10%以下の場合は、(1)から(3)の試験で SAR の最も高い測定値が得られたときの被測定機位置において、送信帯域の最大と最小の周波数について試験すること。さらに、SAR の測定値が SAR の許容値に対し 50%以上（-3dB 以上）にある他の全ての条件に対しても同様に行うこと。

(5) 送信周波数帯域幅が中心周波数の 10%を超える場合は、(1)から(3)の試験で SAR の最も高い測定値が得られたときの被測定機位置において、以下の式を用いて試験する周波数の数を決め試験すること。さらに、SAR の測定値が SAR の許容値に対し 50%以上（-3dB 以上）にある他の全ての条件に対しても、同様に行うこと。

$N = 2*\mathrm{roundup}(10*(f_h - f_l)/f_c)+1$

f_c：中心周波数

f_h：帯域内の最高周波数

f_l：帯域内の最低周波数

N：測定数

Roundup(x)は、変数 x を次の整数に切り上げる。試験する周波数は、できる限り等間隔にすること。

3.2.2　高速 SAR 測定装置を用いたスクリーニング

高速 SAR 測定装置を用いたスクリーニングが適用できる。高速 SAR 測定装置を用いたスクリーニングについては付録 8 に記載している。

3.2.3　測定手順の詳細

3.2.1 項に記述した一般条件についてさらに、以下の操作及び測定を実施すること。

(1) ファントム外殻の内部表面から表 3.2-1 記載の距離にある測定点を一つ選び SAR を測定すること。測定点は、表 3.2-1 記載の位置とすること。

表 3.2-1　測定点の位置

	人体側頭部	人体側頭部以外
ファントム内部表面からの距離	10 mm 以内	8 mm 以内
位置	被測定機付近。ただし、耳付近でも良い。	被測定機に最も近接した位置

(2) ファントム内の SAR 分布を測定すること。表 3.2-2 記載の測定間隔であること。内部表面近くでの走査を行う場合は、電界プローブ先端の中央とファントム内部表面の間の距離は、表 3.2-2 を満足すること。全ての測定ポイントにおいて、表面の法線に対してプローブの角度が表 3.2-2 を満足することが望ましい。

表 3.2-2　粗い走査の条件

	人体側頭部	人体側頭部以外
測定間隔	20 mm 未満	20 mm 以下（< 3 GHz） 60/*f*[GHz]mm 以下 (≥ 3 GHz)
電界プローブ先端の中央とファントム内部表面との距離	8 mm 未満で偏差が±1 mm	5 mm 未満で偏差が±1 mm （< 3 GHz） δln(2)/2 mm 未満で偏差が ±0.5 mm (≥ 3 GHz)
表面の法線に対するプローブ角度	30°未満	5°未満

但し、δは平面波の表皮深さ、ln(x)は自然対数である。

(3) 得られた SAR 分布から、最大 SAR 値の位置と最大 SAR 値の 63%以上（-2dB 以上）となるすべての SAR の位置を割り出すこと。最大値の検索を行うために必要である。最大 SAR 値以外の SAR については、最大 SAR 値が SAR 許容値に対して 63%以上（-2dB 以上）、すなわち 1.26W/kg 以上になるときのみ測定する。

(4) 最小寸法が 30 mm × 30 mm × 30 mm である体積内において、表 3.2-3 記載の測定間隔で SAR を測定すること。3 GHz 以上では、22 mm × 22 mm × 22mm に減らすことができる。深さ方向は表 3.2-3 記載とすること。垂直方向に可変間隔を利用する場合は、表 3.2-3 記載の条件を満足すること。その領域の中心を検出された最大 SAR 値の位置に重ねること。電界プローブ先端の中央とファントム内部表面の間の最大距離は、3 GHz 未満で 5 mm、3 GHz 以上でδln(2)/2 mm であること。但し、δは平面波の表皮深さ、ln(x)は自然対数である。全ての測定ポイントにおいて、表面の法線に対してプローブの角度が表 3.2-3 を満足することが望ましい。

表 3.2-3　立方体走査の条件

	人体側頭部	人体側頭部以外
最小寸法	30 mm × 30 mm × 30 mm	30 mm × 30 mm × 30 mm 22 mm × 22 mm × 22mm (≥ 3 GHz)
測定間隔	8 mm 以下	24/*f* [GHz] mm 以下 ただし、8 mm を超えない （無線設備規則第十四条の二）
深さ方向	5 mm 以下	8-*f* [GHz] mm 以下 ただし、5 mm を超えない （無線設備規則第十四条の二）
垂直方向への可変間隔	規程なし	ファントム外殻に近い 2 箇所の間隔は、12/*f* [GHz] mm 以下とすること。但し 4 mm を超えないこと。それ以外は、隣接する間隔に対して 1.5 倍を超えない割合で間隔を増加させることができる。

表面の法線に対するプローブ角度	30°未満	5°未満

(5) 3.2.5 に示された補間及び外挿手順を使って、質量平均に必要な空間分解能における局所 SAR 値を求めること。
(6) (1)の測定点にて SAR 測定を再度行い、表 3.2-4 に従ったドリフトの評価を行うこと。
(7) 人体側頭部以外の SAR 測定結果は、付録 9 に従って補正すること。ただし、補正係数ΔSAR が負の場合、測定した SAR は補正してはならない。（無線設備規則第十四条の二）

表 3.2-4　測定結果取り扱い

	人体側頭部	人体側頭部以外
ドリフトの取り扱い	(6)にて再度行った測定値と、(1)で得られた測定値とを比べて二つの測定結果に±5%以上の差がある場合は、バッテリを完全に充電して測定を繰り返す等の処置をとること。これが不可能な場合は、例えば SAR の時間に対する変化データ等を用いて試験が適切であることを実証すること。	・(6)にて再度行った測定値と、(1)で得られた測定値とを比べて二つの測定結果が 5%以下の場合は、不確かさ量に追加する ・5%を超える場合は、偏りとして測定した SAR に補正する

以上の条件を含む測定の基本手順及び測定手順の詳細を図 3.2-1 及び図 3.2-2 に示す。

図 3.2-1　測定の基本手順

参照点でのSAR測定
↓
粗い走査
↓
最大SARの位置と最大SARの63%以上となるすべてのSARを割り出す
↓
立方体走査
↓
全ての条件測定？（未完了→立方体走査へ戻る）
↓ 完了
参照点でのSAR測定

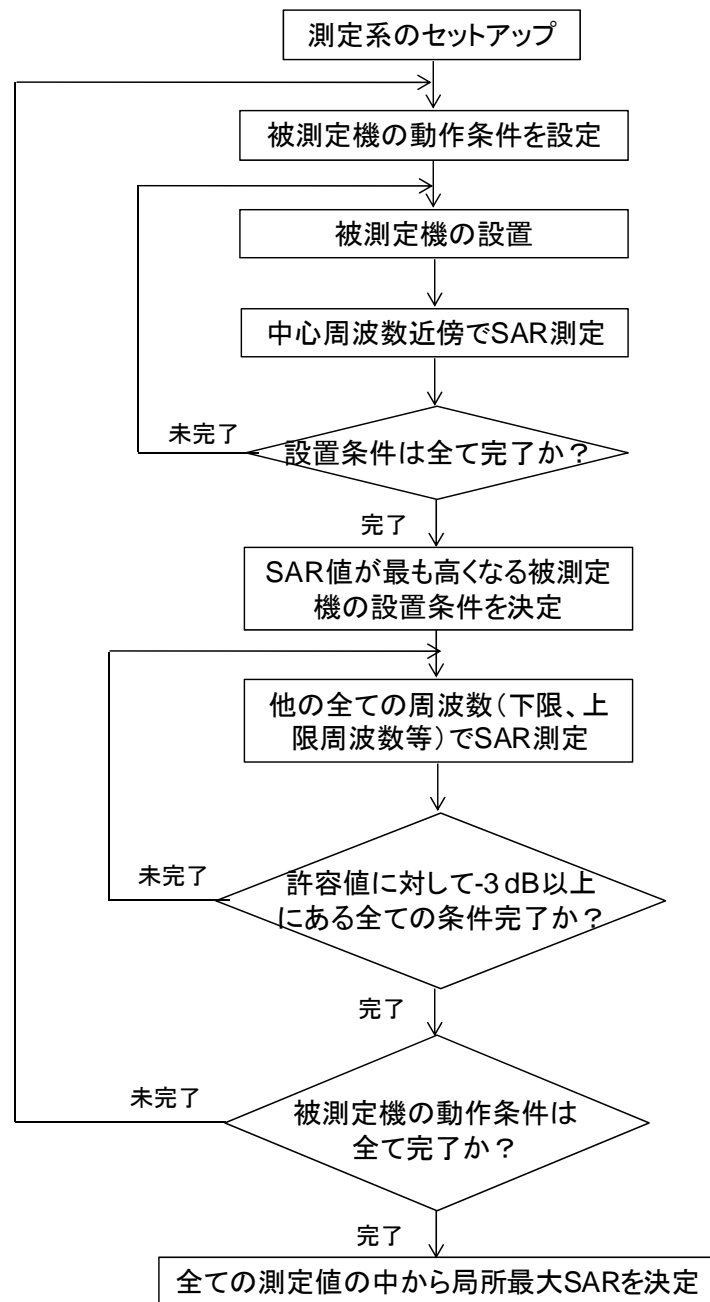
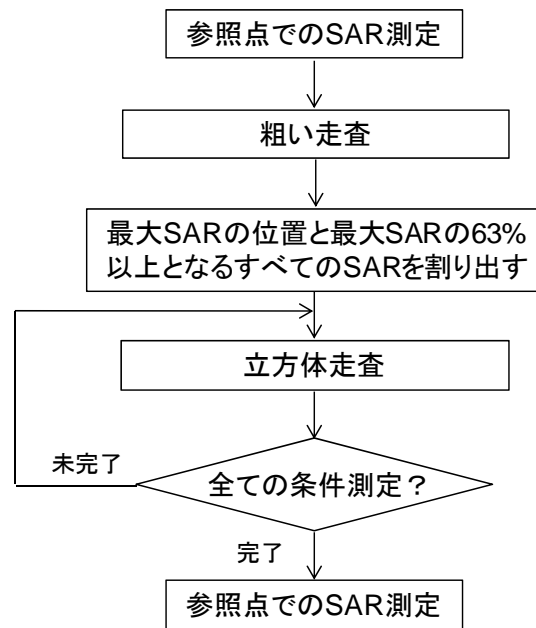



図 3.2-2　測定手順の詳細

3.2.4　複数帯域同時送信時の測定

被測定機が複数の送信周波数で同時に動作する場合で、プローブ校正もしくはファントム液剤の有効な周波数範囲より離れている複数周波数の場合、付録 7 の方法により測定すること。（無線設備規則第十四条の二）　複数ある送信モードのうち 2 番目以降の出力レベルが付録 6 で定める閾値より小さい場合は、試験を省くことができる。複数帯域同時送信時の測定詳細については付録 7 を参照のこと。

3.2.5　SAR 値の算出

(1)　補間

局所 SAR を計算するとき、与えられた質量に対して測定間隔が粗い場合には、測定点間で補間を行うこと。詳細は IEC 62209-1 を参照のこと。

(2)　外挿

使用される電界プローブは、通常三つの近接した直交ダイポールを持ち、これらのダイポールは保護管に納められている。測定点はプローブ先端から数 mm の所に設けられており、SAR の測定の位置を求める際に、このオフセットを考慮すること。

(3)　平均体積

局所 SAR を算出するための組織の形状は、立方体の形をしていること。算出に用いる密度は、1000 kg/m^3 を使用すること。

立方体がファントム外殻内面と交差する場合は、三つの頂点が外殻内面に接触するように、又は一つの面の中央が表面に正接するように立方体の向きを決めること。

外殻内面に最も近い立方体の面をその表面に合うよう変更し、追加された体積を立方体の反対側の面から差し引くこと。

(4) 最大値の検索

局所最大 SAR が求められる位置の近傍のファントム内部表面上で立方体の位置を動かすこと。

局所最大 SAR を持つ立方体が走査空間内の端にないこと。もし端にある場合は、走査領域をずらし、測定をやり直すこと。

この局所最大 SAR 値を測定結果とする。

第４章　評価

4.1　適合確認に用いる指針値（許容値）

適用する電波防護指針は、平成９年４月電気通信技術審議会「電波利用における人体防護の在り方」[2]及び平成２３年５月情報通信技術審議会「局所吸収指針の在り方」[3]とする。

表 4.1　指針値と平均電力の除外レベル

対象部位	環境	指針値　SAR_{limit}[W/kg]	除外レベル　$P_{th,m}$ [mW]
頭部および胴体	一般環境備考	2	20
四肢		4	40
頭部および胴体	管理環境	10	100
四肢		20	200

備考）人体側頭部および人体側頭部以外（両手を除く。）の指針値ついては、無線設備規則第十四条の二で規程されている。但し、四肢の除外レベル 40mW は除く。

参考）胴体および四肢の定義は、参考資料 4 を参照

4.2　不確かさ

SAR 値測定の不確かさ決定については、IEC 62209-1 および 62209-2 に規定された方法に基づいて評価する。不確かさの取り扱いについては、表 4.2 を参照すること。

表 4.2　不確かさの取り扱い

	人体側頭部	人体側頭部以外
不確かさ量	本測定方法において 0.4 W/kg から 10 W/kg の局所最大 SAR 値測定の拡張不確かさは 30%以下であること。(無線設備規則第十四条の二)	本測定方法において 0.4 W/kg から 10 W/kg の局所最大 SAR 値測定の拡張不確かさは 30%以下であること。(無線設備規則第十四条の二)
30%超の取り扱い	規程なし	拡張不確かさが 30%を超える場合、IEC 62209-2 で定める方法で、当該超えた不確かさを SAR 測定値に上乗せすること。（無線設備規則第十四条の二）

4.3　評価方法

測定結果を指針値と比較し、測定値が指針値以下である場合、被測定機は局所吸収指針を満足しているものと判定する。

第５章　測定系の評価試験及び較正

5.1　測定系の評価試験

本測定系は、様々な構成部分を有することから、下記に述べるいくつかの試験を適切に実施することで、測定系が正常に動作していることを確認する必要がある。

SAR 測定前に、測定系が仕様の範囲内で正常に動作していることを短時間で確認するために、簡易性能試験を実施すること。簡易性能試験は、平面ファントムと一般的な放射源（ダイポールアンテナ等）を用いて行うこととする。詳細は付録 2 に示す。

少なくとも年 1 回あるいはソフトウェアのバージョンアップ等の測定装置の変更があった場合に、測定装置全体が正常に動作していることを確認するために、総合評価試験を行うこと。総合評価試験は、平面ファントムと標準ダイポールアンテナを用いて行うこととする。詳細は付録 2 に示す。

5.2　SAR 計測装置の較正

SAR 計測装置のうち電界プローブに関わる部分については IEC 62209-1 を参照のこと。増幅器やその他の機器については、必要に応じ指定された較正を行うこととする。

あとがき

今後、無線通信技術がますます発展し、人体の近傍で使われる機器の使用形態が多様なものになることが予想されることから、本測定方法で採用した方法だけでなく、より広範な使用形態に適用可能な汎用性の高い測定方法や短時間で測定可能な装置の開発にも努力することが望ましい。

本測定方法は、現時点で国際的に統一された測定方法を採用しているが、一方で対象とする機器の目覚しい発展や測定方法技術の進歩に合わせるために改訂作業が行われている。今後も国際標準化作業に寄与するとともに、国際的に整合した測定方法となるように努力すべきである。

第６章　用語の定義

・**電磁波**：電界及び磁界の振動が真空中や物質中を伝搬する波動の総称である。電磁波には、低周波の電磁界から通信に使われている、いわゆる電波、太陽より放射される光（赤外線、可視光線、紫外線）、医療等に応用される放射線（X線、γ線）などが含まれる。紫外線より波長の短い電磁波が電離放射線、波長の長いものが非電離放射線に大別される。

・**電波**：電波法第 2 条に定められた 3000GHz 以下の周波数の電磁波をいう。電波防護指針においては、10kHz から 300GHz までの周波数帯を対象とする。

・**電波防護指針**：電波利用において人体が電波（周波数の範囲は 10kHz から 300GHz までに限る。）にさらされるとき、その電波が人体に好ましくないと考えられる生体作用を及ぼさない安全な状況であるために推奨される指針のことをいう[1][2]。

・**局所吸収指針**：主に身体に極めて近接して使用される無線機器等から発射される電磁波により、身体の一部が集中的に電磁波にさらされる場合において使用する指針をいう[2]。

・**比吸収率（SAR：Specific Absorption Rate）**：生体が電磁波に照射されるときの、単位質量当りの吸収電力をいう。密度 ρ [kg/m^3]の微小体積要素 dV に含まれる微小質量要素 dm に吸収されるエネルギー dW の時間微分、すなわち

$$\mathrm{SAR}\ [\mathrm{W/kg}] = d\ (dW / dm) / dt = d\ (dW / \rho\ dV) / dt = \sigma E^2 / \rho$$

で与えられる。単位は W/kg で与えられる。

ただし、σ [S/m]は物質（すなわち生体組織）の導電率、E [V/m]は当該物質内の電界強度実効値である。

・**局所 SAR**：SAR は微小体積要素当りの数値として与えられ、電磁波の照射条件と生体組織内の場所に依存した空間分布関数となる。この分布関数について、任意の 1g 又は 10g の組織内で平均した SAR を局所 SAR と呼ぶ。その中での最大値を局所最大 SAR と呼ぶ。ただし、本測定方法では 1g 又は 10g の組織を立方体で定義している。

・**電界強度**：電界の強さをいう。単位は V/m で与えられる。

・**磁界強度**：磁界の強さをいう。単位は A/m で与えられる。

・**電力密度（電力束密度）**：伝搬の方向に垂直な単位面積当たりの放射電力をいう。例えば、平面波の場合の電力密度 S[W/m^2]は、電界強度の実効値を E[V/m]、磁界強度の実効値を H[A/m]とすれば、自由空間における波動インピーダンス 120π［Ω］により、$S = E^2/120\pi = 120\pi \cdot H^2$ のように関連付けられる。

・**人体側頭部（の使用）**：携帯電話端末等の無線機器が、人体側頭部の側で使用される場合をいう。

・**人体側頭部以外（の使用）**：手掌を除く人体に対して 20cm 以内に近接して使用する無線機器で、電波発射源が手掌を除く、人体に対して 20 cm 以内の近傍に存在する場合をいう。

・**ファントム**：実験的に SAR を推定するために用いられる擬似的な人体モデルをいう。モデル全体

に渡って同じ材料を用いる場合を均一ファントム、対応する組織毎に忠実に電気特性等を模擬したものを不均一ファントムと呼ぶ。本測定方法においては、人体形状を模擬するための外殻（容器）とそれに充填される液剤で構成される均一ファントムを用いる。

- **不確かさ**：ある量の実測値と真値との差を表す推定値をいい、平均誤差、確率誤差、標準偏差等で表わされる。
- **拡張不確かさ**：測定の結果について、合理的に測定量に結び付けられ得る値の分布の大部分を含むと期待される区間を定める量。本測定方法では 95%の信頼区間を想定する。
- **境界効果**：プローブの感度に対して、ファントムの二つの媒体間の境界が与える影響並びにプローブが二つの媒体間の境界に近づいたとき、電界分布及び電流密度に対してプローブが与える影響をいう。
- **検出限界**：最小検出限界値(又は最大検出限界値)は、測定機器の測定可能な最低 (又は最大)SAR 値により定義される。
- **誘電率（ε）**：電束密度 D を電界強度 E で割った値により定義される。生体組織やファントムの電気的特性を表す変数である。

$$\varepsilon = \varepsilon_r \varepsilon_0 = \frac{D}{E}$$

$$\varepsilon_r = \varepsilon_r' - j\varepsilon_r'' = \left|\varepsilon_r\right| e^{-j\delta} = \varepsilon_r' + \frac{\sigma}{j\omega\varepsilon_0}$$

ただし、

ε_0 ：真空中の誘電率

ε_r ：複素比誘電率

ε_r' ：比誘電率の実部

ε_r'' ：比誘電率の虚部

δ ：複素比誘電率のオイラー表記を使った角度

σ ：導電率

単位は F/m で与えられる。

- **誘電正接**：複素比誘電率の実部と虚部の比をいう。
- **導電率（σ）**：電界強度に対する媒体内の伝導電流密度の比をいう。単位は S/m である。
- **等方性**：任意の電磁波の入射方向に対して、その電磁界強度が同じであれば、同一指示値を与えるプローブ（又はアンテナ）の特性をいう。
- **直線性**：測定範囲における与えられた区間に対して定義された基準直線からの最大偏差をいう。
- **プローブ走査装置**：電界プローブ（センサ部）をファントム内の指定位置に３次元的に移動し、保持するための自動位置決め装置をいう。
- **電界プローブ**：本測定方法では、ファントム液剤中での電界強度を等方性、かつ、高空間分解能で測定する器具をいう。

・**SAR 計測装置**：電界プローブによってファントム液剤中の電界強度を測定し、この測定値よりSAR を算出する装置をいう。電界プローブ、信号変換装置、マイクロコンピュータなどで構成される。

・**基地局シミュレータ**：被測定機の動作を電波によって制御するための装置をいう。

・**感度**：測定システムの感度とは、測定された数量（例えば、電界）に対する測定システムの出力信号（例えば、電圧）の比をいう。

・**表皮深さ**：一般に、表皮深さは損失がある半無限領域に平面電磁波が入射した場合に、電界強度が入射表面の値の 1/e に減衰する距離のことをいう。

・**平均電力**：ある時刻 t_1 から t_2 で時間的に変動する電力の平均出力は、以下の式で与えられる。このとき、積分時間 $t_2 - t_1$ を平均時間と呼ぶ。

$$\overline{P} = \frac{1}{t_2 - t_1}\int_{t_1}^{t_2} P(t)dt$$

但し、本測定法では「平均電力」は、電波法定義の平均電力とする。

「通常の動作中の送信機から空中線系の給電線に供給される電力であつて、変調において用いられる最低周波数の周期に比較して十分長い時間（通常、平均の電力が最大である約十分の一秒間）に渡って平均されたものをいう」（電波法施行規則第二条七十）

・**時間平均電力**：電波法定義の平均電力と区別するために、電波防護指針で規定されている平均時間 6 分で平均された電力を時間平均電力と呼ぶ。

・**複数帯域同時送信**：被測定機が複数の送信周波数で同時に動作するものをいう。

付録１　ファントムの根拠

A1.1　形状

A1.1.1　頭部ファントムの形状

これまでの研究によると、大きな頭部は、小さな頭部に比べて放射エネルギーとの結合度がより大きいため、より多くのばく露を受ける場合がある[5]。

1988 年のアメリカ軍人の人体測定研究により、様々な年齢、人種及び民族のサンプルに基づいたデータが提供されている[6]。したがって、このデータを利用し、それに基づく、成人男性の 90 パーセンタイル値の頭部寸法モデルを使用することにより、過大側の測定結果を得ることができる。

ここで、90 パーセンタイル値とは、ある標本数を抽出したときに、それらのうちから特に寸法の大きいもの 10%を除いた残りの 90%が含まれるようにとった寸法値である。

また、耳後部の突起は、携帯電話端末等及びアンテナと頭部との距離に直接影響し、SAR 測定の重要なパラメータである。耳の形状は、携帯電話端末等の位置決めを行う場合の基準を与えることから、正確で再現性のある位置決めが可能となるよう設計しなければならない。

参考) SAM CAD データは、下記で入手可能 ; IEEE Recommended Practice for Determining the Peak Spatial-Average Specific Absorption Rate (SAR) in the Human Head From Wireless Communications Devices: Measurement Techniques Amendment 1: CAD File for Human Head Model (SAM Phantom), 2006. E-ISBN: 0-7381-4807-5

A1.1.2　平面ファントムの形状

人体側頭部以外の SAR 測定では、平面ファントムを用いる。これは身体装着機器などにばく露される部分は、人体側頭部と異なり必ずしも明確に決まらず、製品の形状や利用形態により決まるからである。底面が平面なファントムは、被測定機との接触面積が最大となり、一般的に実人体に生じる SAR より概ね大きくなる。

平面ファントムは人体胴体の大きさに比べて過度に大きくならないことが望ましい。大きなファントムは製造が難しく、測定も困難になるからである。

A1.2　ファントムの媒質

A1.2.1　頭部ファントムの媒質

頭部は、脳・頭蓋骨・皮膚・眼球など様々な組織から構成されており、これらの組織の電気的定数はそれぞれ異なる値を持つため、頭部の電気的特性は不均一である。このため、携帯電話端末等使用時の頭部内における SAR 分布は、非常に複雑である。

数値シミュレーションでは､頭部構造を詳細に模擬した計算上の仮想モデルが利用可能であるが、現実的には、不均一構造をもつファントムの製作は難しく、測定の簡便性や再現性からも、均一フ

ァントムの使用が望ましい。そこで、均一ファントムを用いた測定による SAR 推定値の妥当性を検証するため、均一頭部モデルと不均一頭部モデルによる局所 SAR 分布の比較検討が報告されている[7][8]。これらの検討結果から次のことが判る。

・頭部内部の SAR 分布は、頭部組織の不均一構造に依存し、均一頭部モデル内部の SAR 分布は、不均一頭部モデル内部の SAR 分布とは異なる。

・頭部表面の SAR 分布は、頭部形状に依存し、同じ形状をもつ均一モデルと不均一モデルの表面 SAR 分布は、ほぼ同じである。

・均一・不均一頭部モデルともに、局所最大 SAR 値は頭部表面上に生じ、均一モデルの値は、不均一モデルの値に比べて同等以上である。

また、10g 当たりの局所組織で平均された SAR の最大値（局所吸収指針に対応）に関しては、均一モデルと不均一モデルでの値の違いがほとんど無視できることが報告されている[9]。

以上より、均一ファントムを用いた測定による頭部局所 SAR の最大値の評価が可能である。

A1.2.2　頭部以外のファントムの媒質

頭部ファントムに対する媒質は、一般的な組織構成（皮膚、脂肪、筋肉）に対しても検討されている。これらの検討結果より、フレネル領域と遠方領域に被測定機が存在するときに、頭部と異なり皮下脂肪組織での反射による定在波の影響で SAR が大きくなることが判明している[10]。近接した距離（15 mm など）では、平面ファントムを用いることで概ね大きめのばく露評価が可能である。3 GHz – 5.8 GHz の周波数範囲における電気特性は線形で内挿され、6 GHz までは外挿されている。

30 MHz – 150 MHz では、高誘電率を実際実現するのは難しい。比誘電率が減少すると SAR が高くなるため、低誘電率を採用している。

A1.3　手の影響について

携帯電話端末等を保持している手は、その筐体と接触し、かつ、そのアンテナに非常に接近しているため、アンテナと電磁的に強く結合している。したがって、携帯電話端末等を握る手の形状や位置により、頭部に生じる SAR 分布も強く影響されると予想される。しかし、これまでの数値シミュレーションによる報告から、通常の保持状態の場合（携帯電話端末等を握る手がアンテナを覆ったりしない場合）には、手で握られていない（空間中に浮いている）携帯電話端末等により生じる頭部における局所 SAR の最大値が、手で握られた場合と比較して同程度であることが示されている[7][11]。同様の傾向が実験による測定でも示され、その報告の中で、手がないことによる頭部における局所 SAR の最大値の過小評価は、5%未満であることが述べられている[12]。

一方、近年携帯電話端末の小型化に伴いアンテナを内蔵した携帯電話端末が主流であり、従来の外部アンテナに比べて手がアンテナ近傍に存在する可能性が高く、SAR 分布に影響することが予想される。そこで IEC では 2008 年より手が頭部内 SAR 分布に与える影響について検討を行ってい

る。現段階で明らかになっていることは以下の通りである [13]。

・特定の携帯電話端末の機種のある条件下で手の影響により SAR が増加

・IEC では、HEMI (Hand Effect Measurement Interlab) study を実施。GSM900MHz と W-CDMA1950MHz 対応、2006 年～2010 年販売の 33 機種（42 条件）で、手のファントムと保持状態を固定して実施

・HEMI Study より、42 機種中 6 機種で 5% ～ 40%の SAR の増加が確認された。ただし指針値は超えていない。上記結果は WCDMA1950MHz 帯で確認されたが、WCDMA1950MHz のそれ以外では 78%まで SAR が減少

・SAR の増加は、比較的低い SAR において生じている。例えば、もっとも増加した（40%）場合では、10gSAR で 0.41 W/kg

・すべての試験条件に関して、もっとも保守的な結果を与える手のファントムや保持方法は未確立

・SAR の増加は、端末からの手のひらの距離、指の位置、指の先端がファントムに接触するなどの条件に左右される。端末を保持ししている際に指が頬に接触するとより高いレベルの増加が報告

・より高い SAR の増加を生じる周波数と現実的な保持方法を予想する方法は存在しない

・IEC では、試験数の増加は最低限におさえるべきと考えている。

上記を踏まえ IEC にて議論した結果、頭部における局所 SAR の最大値を評価する際には、従来通り手のファントムモデルを考慮する必要がないとの結論になった [14]。

付録２　測定系の評価試験

測定系の評価試験は、以下の「１．　簡易性能試験」及び「２．　総合評価試験」により行われる。

１．簡易性能試験

A2.1　目的

簡易性能試験は、一連の SAR 測定前に、測定系が仕様の範囲内で正常に動作していることを短時間で確認（再現性確認）するために、簡易性能試験を実施すること。

A2.2　基本構成例

この試験は、平面ファントムと標準放射源として標準アンテナ等を用いて行う。総合評価試験に用いられる標準ダイポールアンテナも簡易性能試験に使用することができる。

標準放射源の例として標準ダイポールアンテナを使用する場合の基本構成を図 A2.2-1 に示す。また、この場合の各構成部の条件を A2.2.1 から A2.2.3 に示す。

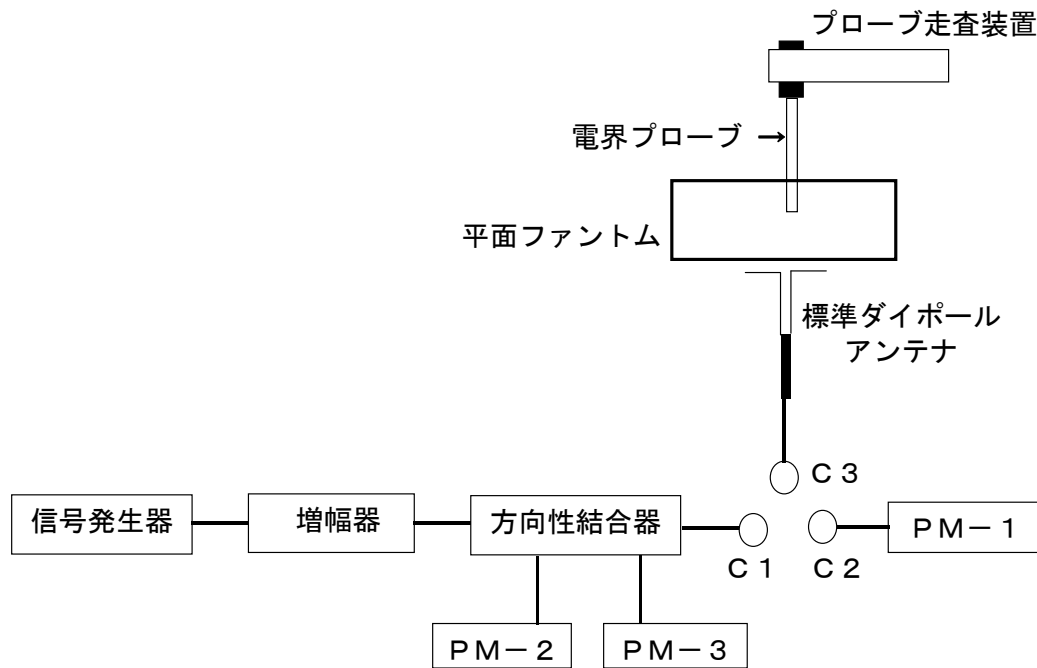
プローブ走査装置
電界プローブ →
平面ファントム
標準ダイポール
アンテナ
Ｃ３
信号発生器
増幅器
方向性結合器
Ｃ１
Ｃ２
ＰＭ－１
ＰＭ－２
ＰＭ－３

ＰＭ：電力計（必要に応じて減衰器を含む。）

図 A2.2-1　簡易性能試験の基本構成（標準ダイポールアンテナ使用の場合）

A2.2.1　ファントム

底面の最小の幅と長さは局所最大 SAR での誤差が 1%以内であるように、長軸を a、短軸を b とする楕円で定義する。自由空間波長をλ_0、外殻の厚さを d としたとき、表 A2.2-1 であること。

表 A2.2-1　ファントムの寸法

	人体側頭部	人体側頭部以外
f ＜800MHz	a ≧0.6λ、b ≧0.4λ、6.0mm ≦ d ≦6.5mm	a ≧0.6λ、b ≧0.4λ、d = 2mm
f ≧800MHz	a ≧225mm、b ≧150mm、d= 2mm	a ≧225mm、b ≧150mm、d= 2mm
ファントム液剤の深さ	15 cm 以上になること。	表 3.1-1 参照
たわみ	最低 15cm の深さで液剤を外殻に充填した時に、放射源の真上の外殻（底面）のたわみが 800MHz から 3GHz の周波数帯域では、自由空間波長の 1%未満、800MHz より低い周波数では、自由空間波長の 0.5%未満であること。	液剤を充填した際、底面の中心におけるたわみを 2 mm 未満とすること。

ファントム外殻は、

・誘電正接は、0.05 以下であること。

・比誘電率の実部は、3 GHz 以下で 5 以下、3 GHz 超で 3 以上 5 以下であること。

・アンテナに対向する外殻（底面）の厚さは±0.2mm 以内で一定であること。

・液剤は、SAR 評価試験に用いるものと同じものを使用すること。

A2.2.2　標準放射源

標準アンテナ等は、位置決めの再現性、機械的な安定性およびインピーダンスの整合が良いものを選択使用する。以下の説明では総合評価試験に用いられる標準ダイポールアンテナを標準放射源として使用する例をあげてある。なお、5 GHz 以上の周波数では、導波管も標準放射源として使用することができる（詳細は、IEC 62209-2 Annex D を参照)。

・ダイポールアンテナをファントム底面の長手方向と平行に配置する。なお、アンテナエレメントとファントム底面とは、±2°以内で平行であること。

・ダイポールアンテナの中心軸上の給電点からファントム液剤までの距離は、1GHz 以下では 15mm とし、1GHz より高い周波数では 10mm とする。なお、この距離については±0.2mm の精

度で一定となるようにすること。

・ファントム近傍に配置された時のダイポールアンテナへの給電コネクタ部（図 A2.2-1 中の C3）での反射減衰量が 20dB 以上であること。

A2.2.3　給電装置

図 A2.2-1 は、供給する電力の不確かさをできるだけ低くするために推奨する構成である。各構成部分は次の条件を満たすこと。

・信号発生器と増幅器は、所望のアンテナ入力を安定して供給できる性能を有していること。なお、信号発生器が十分に大きな出力レベルを有している場合には増幅器を必要としない。
・高出力の増幅器を使用して、低レベル信号を給電する場合には雑音レベルに注意すること。必要ならば、アンプの出力端に適切なローパスフィルタ・減衰器を接続し、高調波や雑音を抑圧すること。
・電力計（PM-1,PM-2,PM-3）には入力レベルに応じて、必要ならば減衰器を接続すること。
・電力計（PM-1）及び電力計（PM-1）に接続される減衰器は適切に較正されていること。
・方向性結合器と電力計（PM-2,PM-3）は、通過型電力計で代用することができる。
・電力計（PM-2,PM-3）又は通過型電力計は、低ドリフト特性と 0.01dBm の分解能を有していること。ただし、これらの電力計は必ずしも絶対値較正が必要ではない。
・C1、C2、C3 の接続において、変換コネクタが必要な場合には高性能なコネクタを使用すること。

ダイポールアンテナへの給電の手順は下記のとおり。

⑴ C1 と C2 を接続し、電力計（PM-1）の指示値から C1 での通過電力が所望のレベルになるように信号発生器の出力レベルを調節する。
⑵ 前項目で信号発生器の調節が完了したら、その時の電力計（PM-2）及び(PM-3)の指示値を記録する。
⑶ C1 と C3 を接続し、電力計（PM-2）の指示値が前項目での指示値と同じになるように信号発生器の出力レベルを調節する。
⑷ 信号発生器の出力レベルが 0.01dB ステップで調整できない場合には、（２）と（３）での電力計（PM-2）の指示値の差を考慮してアンテナ入力を決定すること。
⑸ 電力計（PM-3）の指示値が、同条件で行なった前回の確認作業時と変化していないことを確認すること。

A2.3　　試験の手順

試験は以下の手順で実施する。

(1) 局所最大 SAR を測定する。
(2) 得られた SAR 値を標準アンテナ等の入力電力で規格化し、以前に記録された対応する SAR 値と比較する。
(3) 比較した結果が±10%の範囲内にあることを確認する。

２. 総合評価試験

A2.4 目的

少なくとも年 1 回あるいはソフトウェアのバージョンアップ等の測定装置の変更があった場合に、測定装置全体が正常に動作していることを確認するために、総合評価試験を行うこと。総合評価試験は、平面ファントムと標準ダイポールアンテナを用いて行うこととする。

A2.5 基本構成

基本構成は、図 A2.2-1 の「簡易性能試験の基本構成例」を適用する。

A2.5.1 ファントム

ファントムは、「A2.2.1　ファントム」を適用する。

A2.5.2 標準放射源

標準放射源は、標準ダイポールアンテナとする。このダイポールアンテナは、IEC 62209-1 および IEC 62209-2 記載もしくは信頼できる研究機関等により示された仕様であること。

A2.5.3 給電装置

給電装置は、図 A2.2-1 に示す装置とし、給電の手順および各構成部分の条件は、「A2.2.3　給電装置」を適用する。

A2.5.4 試験の手順

総合評価試験は以下の手順で実施する。なお、手順(1)は毎回行なう必要があるが、手順(2)～(6)については測定装置の変更がない場合には省略することができる。

(1) SAR 評価: 一連の平均 SAR 測定を行う。標準ダイポール入力電力は、10g 平均 SAR 値を 0.4 W/kg から 10 W/kg の範囲に収まるように調整する。局所 SAR 値を適合試験で使用される範

囲内の周波数で測定する。結果は 1 W の等価入力電力で正規化し、IEC 62209-1 および IEC 62209-2 記載もしくは信頼できる研究機関等により示された数値計算結果と比較する。基準値との差は平面ファントムと標準ダイポールを用いた場合の局所 SAR 測定における拡張不確かさ未満であることを確認する。

(2) 外挿手順:局所最大 SAR の評価に使用するのと同じポイント間隔を使用して、標準ダイポールの給電点上を真っ直ぐ垂直軸に沿って測定する。この測定を標準ダイポールの給電点から、水平に 2cm ずらした (y 方向) 位置で繰り返す。ファントム表面での SAR を外挿によって求め、IEC 62209-1 および IEC 62209-2 記載もしくは信頼できる研究機関等により示された数値計算結果と比較する。基準値との差は平面ファントムと標準ダイポールを用いた場合の局所 SAR 測定における拡張不確かさ未満であることを確認する。

(3) プローブの直線性: ステップ(1)の測定を標準ダイポールに異なる電力レベルを入力して繰り返す。各周波数に対して、おおよそ表 A2.5-1 記載の電力レベルになるように調整する。測定した SAR 値は 1 W の等価入力電力で正規化し、ステップ(1)において 1W で正規化した値と比較する。これらの値の差は平面ファントムと標準ダイポールを用いた場合の局所 SAR 測定における直線性に関する拡張不確かさ未満であることを確認する。

表 A2.5-1　直線性確認に用いる SAR レベル

	人体側頭部	人体側頭部以外
SAR レベル	10 W/kg、8 W/kg、2 W/kg、1.6 W/kg、0.4 W/kg	10 W/kg、2 W/kg、0.4 W/kg、0.08 W/kg、0.01 W/kg

(4) 変調応答: ステップ(1)の測定をデューティ係数 0.1 およびパルス繰返し周波数 10 Hz のパルス変調信号で繰り返す。入力電力は 10 g 平均 SAR 値の時間平均値がおよそ 8 W/kg、すなわち時間ピーク値ではおよそ 80 W/kg となるように設定する。測定した局所 SAR 値は、デューティ係数 1 の場合（連続波）の 1 W の入力電力で正規化し、ステップ(1)の 1W で正規化した値と比較する。これらの値の差は平面ファントムと標準ダイポールを用いた場合の局所 SAR 測定における拡張不確かさ未満であることを確認する。

(5) システムオフセット:人体側頭部のみに適用する。ステップ(1)の測定を、およそ 0.05 W/kg の 10 g 平均 SAR 値となる標準ダイポールへの入力電力で繰り返す。測定した局所 SAR 値を 1 W の入力電力で正規化し、ステップ(1)の 1W で正規化した値と比較する。これらの値の差は平面ファントムと標準ダイポールを用いた場合の局所 SAR 測定における拡張不確かさ未満であることを確認する。

(6) プローブの軸等方性: プローブを標準ダイポール中心部から真っ直ぐ上方で、ファントムの内側の底面から 5 mm の位置に配置する。プローブ(あるいは標準ダイポール)を 15°以下のステップで最小 180°軸のまわりで回転させる。最大と最小の SAR の測定値を記録する。最大値と

最小値の差は、平面ファントムと標準ダイポールを用いた場合の局所 SAR 測定における等方性に関する拡張不確かさ未満であることを確認する。

A2.6 基準 SAR

標準 SAR の寸法ならびに基準 SAR は以下を参照のこと。

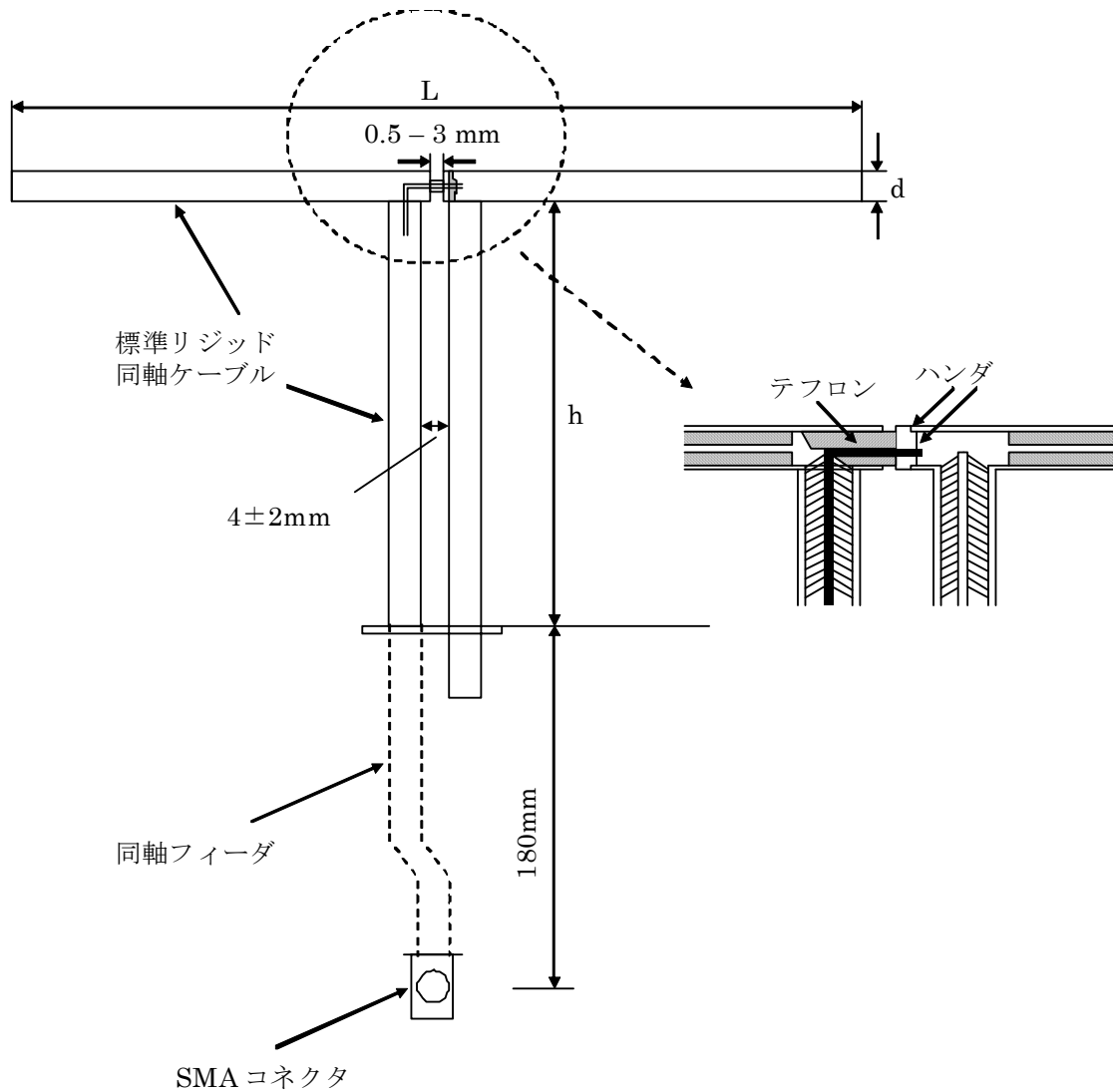



図 A2.2-2　標準ダイポールの構成

表 A2.6-1 標準ダイポールアンテナの寸法

周波数 MHz	ファントム外殻の厚み mm	L mm	h mm	d_1 mm	d_2 mm
300	6.3	396.0	250.0	6.35	
300	2.0	420.0	250.0	6.35	
450	6.3	270.0	166.7	6.35	
450	2.0	290.0	166.7	6.35	
733	2.0	178.0	102.3	6.35	
750	2.0	176.0	100.0	6.35	
835	2.0	161.0	89.8	3.6	
900	2.0	149.0	83.3	3.6	
1450	2.0	89.1	51.7	3.6	
1800	2.0	72.0	41.7	3.6	
1900	2.0	68.0	39.5	3.6	
1950	2.0	66.3	38.5	3.6	
2000	2.0	64.5	37.5	3.6	
2450	2.0	51.5	30.4	3.6	
2585	2.0	49.1	29.0	3.6	
2600	2.0	48.5	28.8	3.6	
3000	2.0	41.5	25.0	3.6	
3500	2.0	37.0	26.4	3.6	
3700	2.0	34.7	26.4	3.6	
5000	2.0	20.6	40.3	3.6	2.1
6000	2.0	20.6	40.3	3.6	2.1

注1　L、h、dの公差は±2%以内
注2　5000MHzから6000MHzまでの値は、ファントムの外殻の厚さ2mmで適切である。
反射損失量は20dB以上とする。（−20dB以下であることが望ましい。）

表 A2.6-2 基準 SAR 値（１W 入力）

周波数 MHz	ファントム外殻 の厚み mm	1gSAR W/kg	10gSAR W/kg	表面における SAR （給電点）W/kg	表面おける SAR (y=2cm 給電点から) W/kg
300	6.3	3.02	2.04	4.40	2.10
300	2.0	2.85	1.94	4.14	2.00
450	6.3	4.92	3.28	7.20	3.20
450	2.0	4.58	3.06	6.75	2.98
733	2.0	8.53	5.56	12.3	4.45
750	2.0	8.49	5.55	12.6	4.59
835	2.0	9.56	6.22	14.1	4.90
900	2.0	10.9	6.99	16.4	5.40
1 450	2.0	29.0	16.0	50.2	6.50
1 800	2.0	38.4	20.1	69.5	6.80
1900	2.0	39.7	20.5	72.1	6.60
1950	2.0	40.5	20.9	72.7	6.60
2 000	2.0	41.1	21.1	74.6	6.50
2 450	2.0	52.4	24.0	104	7.70
2 585	2.0	55.9	24.4	119	7.90
2 600	2.0	55.3	24.6	113	8.29
3 000	2.0	63.8	25.7	140	9.50
3 500	2.0	67.1	25.0	169	12.1
3 700	2.0	67.4	24.2	178	12.7
5 000	2.0	77.9	22.1	305	15.1
5 200	2.0	76.5	21.6	310	15.9
5 500	2.0	83.3	23.4	349	18.1
5 800	2.0	78.0	21.9	341	20.3

※本表の値は、数値解析技術の改良により将来的に変更される可能性がある。

付録３　LTE (Long Term Evolution) 対応送信機の設定条件

A3.1　概要

LTE 通信方式は従来の通信方式に比べて非常に多くの送信状態のパラメータが存在するため、これらの中から最大 SAR を抽出する手順を定めることは重要である。

(1)考慮すべき通信パラメータ

・変調方式

・帯域幅

・リソースブロック(RB) サイズ

・リソースブロック(RB) オフセット

・MPR(Max Power Reduction)

現在、IEC TC106 MT1 にて詳細な測定手順の検討が行われている。

参考資料 6 に LTE 対応送信機器の測定手順の一例を記載している。

付録４　身体装着無線機の測定位置

A4.1　概要

身体装着機器の測定法は IEC 62209-2 の 6.1.4.4 に記述されている。一般的な例として、無線機器製造者指定のキャリーアクセサリにより身体に装着され、送信が可能な携帯電話、無線機内蔵 PDA、あるいはバッテリにより動作するその他の無線機などである。

A4.2　アクセサリの使用が明記されている場合

・被測定機をアクセサリに挿入し、平面ファントムに対して所定の使用通りに設置すること。
・非導電性材質のアクセサリで、ファントムとの距離が変化する場合、最近接時で測定すること。
・非導電性材質のアクセサリは、空隙やスペーサを代替として用いることができる。
・スペーサの材質は、誘電正接 0.005 以下、比誘電率 1.1 以下とする。

A4.3　特定のアクセサリがない場合

・取り扱い説明書等に所定の使用として、人体との一定の値の離隔距離を保つために、適切なアクセサリを使うと記載している場合、被測定機は記載されている距離に相当するファントム外部表面からの距離を保ち設置すること。
・アクセサリを用いない場合、離隔距離は 25mm を越えないこと。

被測定機の離隔距離

被測定機の離隔距離

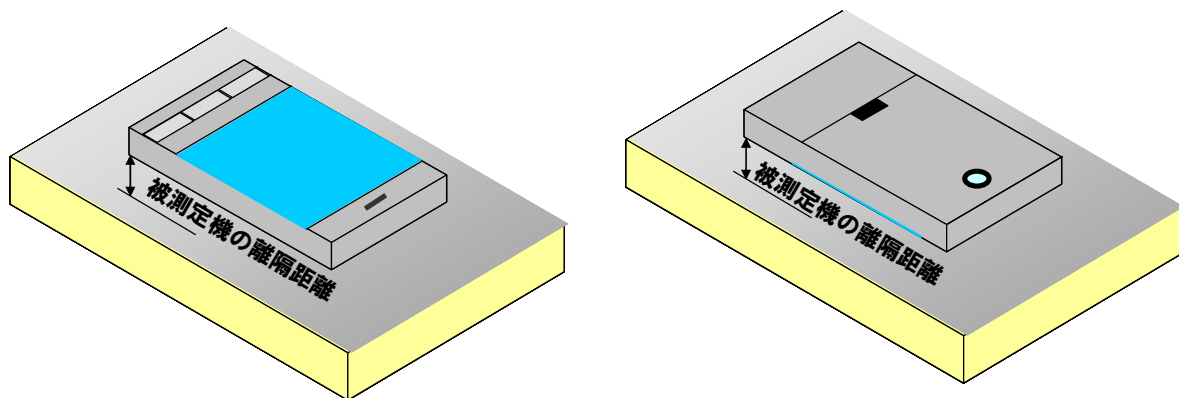



図 A4.3-1　身体装着無線機の設置概念図

付録５　モジュール状の無線機の SAR 評価

本項は USB ドングルやカード型の無線機やノート PC などに内蔵されるタイプのモジュール状の無線機の SAR 評価に関して記述する。

A5.1　モジュール状の無線機の分類

SAR を測定するためには、筐体を特定し、アンテナ周囲の導体構造と人体との離隔距離を決定する必要がある。このため、本編では筐体が特定されるか否かで、モジュール状の無線機を分類する。

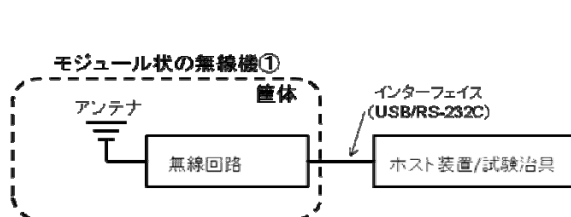
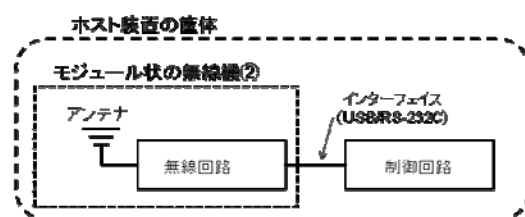



図 A5.1　分類①の無線機　　　図 A5.2　分類②の無線機

1)　分類①：筐体が特定可能な無線機

アンテナと無線回路部分が筐体に納められた形態の無線機。例として、USB ドングルや PC カード

2)　分類②：筐体が特定されない無線機

ノート PC やタブレット機器などのホスト機器に内蔵する無線機。例として miniPCI モジュール、PCI モジュール、内蔵用 USB 無線モジュール

A5.2　SAR 評価

A5.2.1　無線機のセッティング

分類①の無線機の場合、ノート PC 等のホスト装置や試験治具に無線機を接続して、SAR を測定する。このとき、ホスト機器の影響を避けるため、延長ケーブルを用いてホスト装置に接続し、測定することが望ましい。ホスト装置に直接接続して測定を行う場合、ホスト装置の影響を考慮する必要がある。

参考）ホスト装置のによる影響

分類①の場合、被測定機とファントムの距離(*d*)を一定とした条件で、ホスト装置の大きさと挿入位置による SAR の影響について検討がなされている[15][16]。ノート PC の大きさと挿入位置による SAR の偏差は、変動係数（標準偏差/平均値）で最大 17%であることが報告されている。また、

距離が離れると変動係数が大きくなることが示されている。従って、これらの結果を基に最大と最小の比を計算すると *d* が 5 mm 以下なら 2、5 mm を超え 15 mm 以下なら 2.5（信頼性区間 95%）であることより、任意のノート PC での利用を想定した場合、前者で 3 dB、後者で 4 dB の値の変動が生じる可能性がある。

分類②の無線機の場合、実際に使用されるホスト装置の筐体を無線機の筐体とする。

・アンテナは正規の取り付け位置に実装する。

・原則的に無線回路は正規の取り付け位置に取り付けなければならないが、試作筐体での評価等正規の取り付け位置に取り付けられない場合、アンテナと無線回路をつなぐケーブルが長くならない限りにおいて、ホスト装置内部における無線回路の実装位置は問わない。

A5.2.2　動作条件

無線機の動作条件は「3.1.2　被測定機」を参照のこと。

A5.2.3　測定条件

取扱説明書における使用条件を元に「3.1.4.1　使用形態による測定位置」に従い、測定面と離隔距離を決定する。

A5.2.3　SAR 測定と評価

「3.2　測定」と「第 4 章　評価」に従い、SAR を測定評価する。

A5.3　筐体の変更

分類②の無線設備を評価時と異なる筐体に実装した場合やアンテナ周囲の導体の形状変更を行うと SAR の値は変わる。このような筐体の変更があった場合、別途筐体毎に SAR 評価が必要である。

付録６　複数帯域同時送信における閾値の確認方法

A6.1　概要

複数帯域同時送信とは、機器が同時に複数の送信モードで動作できることを意味している。例えば、2 GHz 帯での W-CDMA と 2.45 GHz 帯での無線 LAN などである。同時に送信した際に指針値を満足するかどうかを測定前に確認する。

A6.2　電力の単純総和による確認

同時に送信する機器の時間平均電力の総和が、表 4.1 記載の除外レベルより小さい場合、自動的に指針値を満足している。

A6.3　SAR 測定値を考慮した確認

主たる送信機と 2 次的な送信機を同時に使用した場合に、SAR 制限を超える可能性がある。この場合、2 次的な送信機の SAR 測定が必要となる電力閾値（$P_{\mathrm{available}}$）は、主要な送信機の最大局所 SAR_1 から以下の式を用いて計算する。

$$P_{available} = P_{th,m} \times \left(SAR_{\lim} - SAR_1\right) / SAR_{\lim}$$

ここで、$P_{\mathrm{th,m}}$ は表 4.1 記載の除外レベルである。

2 次的な送信機の時間平均電力が、$P_{\mathrm{available}}$ より大きい場合、2 次的な送信機の SAR 測定が必要となる。

N 個の送信機が同時に動作し、N-1 送信機の SAR が既知であれば、N 番目の送信機に対する許容レベルは下記で示される。

$$P_{available} = P_{th,m} \times \left(SAR_{\lim} - \sum_{i=1}^{N-1} SAR_i \right) \Big/ SAR_{\lim}$$

付録７　複数帯域同時送信機器の測定手順

A7.1　概要

同時動作する複数送信モードを搭載した機器は、原則同時動作させた状態で SAR 測定を実施する。ただし、同時動作時の複数周波数が、プローブ校正もしくは組織模擬液剤の有効な周波数範囲より離れている場合、即ち、SAR を同じプローブと液剤を用いて同時に評価できない場合は、A7.2 に示す方法を用いる。

A7.2 手順

4 つの評価方法は、いずれも合理的な評価方法であり、どの方法を用いても良い。方法 1（A7.2.2）→　方法 2（A7.2.3）→　方法 3（A7.2.4）→　方法 4（A7.2.5）の順番で SAR 値を正確に評価できるようになるため、仮に一つ前の方法で指針値を超えていても、次の方法で指針値を超えていなければ問題ない。

A7.2.1　通常測定（粗い走査→立方体走査）

周波数毎に通常の測定（粗い走査→立方体走査）を実施する。この際、該当する周波数での送信モードを ON に、それ以外は OFF にして実行する。

A7.2.2　方法 1（局所最大 SAR の足し合わせによる評価）

本手順は、複数帯域の SAR の上限値を決定する最も簡単でかつ最も厳しい評価方法である。異なる送信モードにおける局所最大 SAR は、異なる場所に生じる可能性があるため、本方法は複数帯域 SAR を過大に評価してしまう可能性がある。

(1) A7.2.1 で周波数毎に立方体走査で求めた局所最大 SAR を各々の条件に対して単純に加算し、複数波源の SAR 値とする。周波数 1（f_1）における局所最大 SAR を SAR_1 とし、周波数 n（f_n）における局所最大 SAR を SAR_n と表し次式により合計した最大 SAR（SAR_T）を求める。

$$\mathrm{SAR}_T = \sum_{n=1}^{N} \mathrm{SAR}_n$$

(2) 合計した最大 SAR が指針値より 3 dB 以内のときは、この測定条件にて最小と最大周波数で追加測定を行うこと。これらの追加データも考慮して最大 SAR を決定すること。

(3) (1)か(2)で得られた最大 SAR が、複数帯域 SAR である。

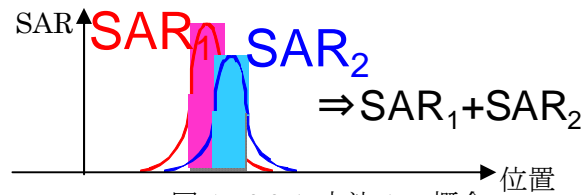



図 A7.2.2-1 方法 1 の概念

A7.2.3　方法 2（最大 SAR 値の最も高い値を選択する評価）

A7.2.1 において得られたそれぞれの周波数での粗い走査結果を空間的に足し合わせることで、分布がどの程度重なるかを解析する方法である。その際、足し合わせて得られた最大 SAR が、別々の測定の最大 SAR の 5%未満なら、別々の立方体走査で得られた局所最大 SAR の高い方を複数波源の局所最大 SAR とする。

(1) A7.2.1 に従い各々の周波数において別々に局所最大 SAR を測定する。

(2)すべての試験条件に対して、粗い走査結果を空間的に足すことにより SAR 分布がどの程度重なるかを解析する。

(3) 分布を足し合わせることにより得られた最大 SAR が、別々の測定で得られた最大 SAR の最大値より 5%未満なら、複数帯域 SAR は 2 つの別々に得られた局所最大 SAR の高い方に等しくなる。

以下に例をあげて説明する。

周波数 f_1 での立方体走査の結果である局所最大 SAR を SAR_1、他の周波数 f_2 の局所最大 SAR の値を SAR_2 とする。但し、$SAR_1 > SAR_2$ とする。

次に、f_1 の粗い走査での最大値を $SAR_1(a)$とし、位置 a における f_2 の粗い走査の値を $SAR_2(a)$とする。ここで、次式が成立する場合は、複数波源の SAR（SAR_T）は SAR_1 とする。

$$\frac{SAR_{2(a)}}{SAR_{1(a)}} \times 100 < 5$$

尚、上式が成立しない場合には、本方法 2 は使用できず、他の方法を選択する必要がある。

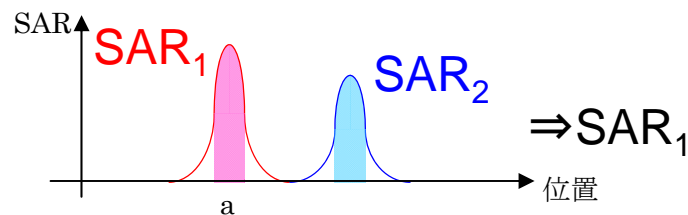



図 A7.2.3-1 方法 2 の概念

A7.2.4　方法 3（3 次元計算 SAR データによる評価）

A7.2.1 の測定において、周波数毎で通常の測定（粗い走査→立方体走査）を行なう過程で、粗い走査の結果を基に計算して、走査領域内の 3 次元 SAR 分布を求めることができる。各周波数の 3 次元 SAR 分布を全周波数について加算して新たな SAR 分布を求め、この領域内の最大値となる位置で局所最大 SAR を計算する。

(1) 各々の周波数にて、粗い走査領域に渡り 3 次元 SAR を計算する。この時、不確かさを十分に評価し記録すること。

(2) 必要なら 3.2.2 に従い全周波数の 3 次元 SAR を空間的に足し合わせること。

(3) (2)で得られた SAR 分布から 3.2.5 規定の後処理手順を用いて、局所最大 SAR を決定する。

粗い走査領域

算出した
3次元走査領域

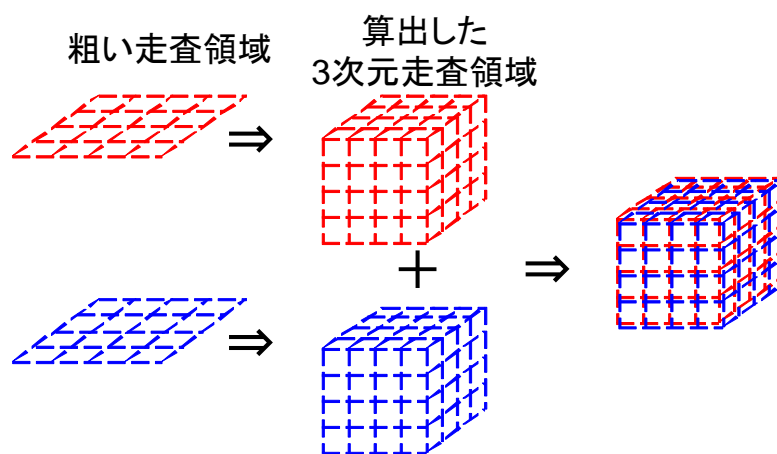



図 7.2.4-1　方法 3 の概念

A7.2.5　方法 4（3 次元走査による評価）

本手順は、複数帯域 SAR を評価するのに最も正確であり、常に適用可能である。2 つ以上の同時送信モードについて、SAR データを各試験条件（被測定機の位置、チャネル、状態、アクセサリ）ごとに結合する。

(1) 以前に測定された全ての周波数 *f*1、*f*2 などにおける立方体走査を包含する 3 次元（体積）格子を決定する（備考参照）。

(2) 各周波数にて(1)で決めた 3 次元走査を行う。この 3 次元走査は、体積寸法以外は 3.2.2 の全ての要求を満足している。測定は、該当する周波数での送信モードを ON に、それ以外は OFF にして実行する。

(3) (2)で得られた SAR 分布を空間的に足し合わせて、加算した SAR 分布を得る。

3.2.5 規定の後処理手順を用いて、加算した SAR 分布から複数帯域 SAR の局所最大 SAR を決定する。

加算した SAR 分布をできるだけ正確にするために被測定機は、液剤を交換する際もファントムに固定しておくことが望ましい。ファントムに設置したままの機器のバッテリを充電する必要があ

る場合、被測定機に充電ケーブルを接続することを推奨する。

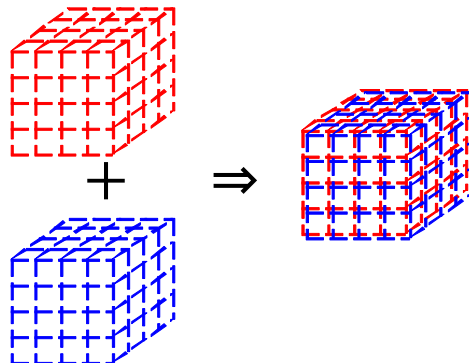



図 7.2.5-1　方法４の概念

【備考】(1)で包含する体積は大きい可能性がある（周波数 f_1、f_2 などにおける立方体走査領域が離れている場合)。その結果、(2)での測定時間が長くなる。そのため、(1)の変形として、他の周波数における、以前に測定の立方体走査と一致する、各周波数での立方体走査を選んでもよい。(2)では、周波数 f_2、f_3 などと異なる立方体走査を用いて周波数 f_1 での SAR を測定し、周波数 f_2 での SAR を周波数 f_1、f_3 と異なる立方体走査を用いて測定することになる。

付録８　高速 SAR 測定装置を用いたスクリーニング

A8.1　概要

高速 SAR 測定装置を用いた SAR 評価は、IEC62209-2　6.2.4 に規定されている。すなわち、最大 SAR の試験構成を特定するために標準 SAR 測定装置のみで測定する必要はなく、条件を決定する（スクリーニングする）ため高速 SAR 測定装置を適用することができる。

A8.2　高速 SAR 測定装置の概要

・高速 SAR 測定装置は、標準 SAR 測定装置を併用して、無線機器を測定するために必要な時間を短縮できる特別な技法、方法またはアルゴリズムを使用する。

・標準 SAR 測定装置は、絶対 SAR 値を評価するために使用し、高速 SAR 測定装置は、相対的な SAR 値を評価するために使用する。

・標準 SAR 測定装置は、高速 SAR 測定装置で測定された最も高い SAR 値の試験構成と最も高い SAR 値から信頼水準 95%以下(測定不確かさ 5%以上)にある試験構成に適用する。

A8.3　高速 SAR 試験

IEC 62209-2:2010 において、本文に高速 SAR 測定法による評価の概要は記載されているが、具体的な手順は規定されていない。一方、IEC 62209-1:2005 と同等な規格である IEEE 1528-2013 において、IEC 62209-2:2010 で定められた測定装置を用いた高速 SAR 測定法による評価手順が詳細に記載されている[17]。従って、高速 SAR 測定法による条件の絞り込みが可能である。これは、IEC 62209-1:2005 および IEC 62209-2:2010 の改定作業を行っている IEC 内のプロジェクトと共同で検討した方法であり国際規格に定められた方法とみなすことができる。

付録９　SAR 補正

A9.1　概要

液剤電気特性の目標値からの差異により生ずる、SAR の偏差を補正する方法について規定している。

A9.2　概要

SAR の変化（ΔSAR）と表 2.4-1 の目標値からの誘電率、導電率の変化（$\Delta\varepsilon_r$ と$\Delta\sigma$）の間には線形な関係がある。

$$\Delta SAR = C_\varepsilon \Delta\varepsilon_r + C_\sigma \Delta\sigma$$

ここで

$$C_\varepsilon = \partial(\Delta SAR)/\partial(\Delta\varepsilon)$$

$$C_\sigma = \partial(\Delta SAR)/\partial(\Delta\sigma)$$

C_εと C_σの値は、周波数 f[GHz]の関数で以下の式で計算できる。

$$C_\varepsilon = 3.456\times10^{-3} f^3 - 3.531\times10^{-2} f^2 + 7.675\times10^{-2} f \quad - 0.186$$

$$C_\sigma = 4.479\times10^{-3} f^3 - 1.586\times10^{-2} f^2 - 0.1972 f \quad + 0.7717$$

補正係数ΔSAR を用いて測定された局所最大 SAR を補正すること。但し、補正係数ΔSAR が負の場合は補正はしないこと。

参考文献

(1) 電気通信技術審議会答申,”電波利用における人体の防護指針”,Jun.,25,1990.

(2) 電気通信技術審議会答申,”電波利用における人体防護の在り方”,Apr.,24,1997.

(3) 情報通信技術審議会答申,”局所吸収指針の在り方”,May,17,2011.

(4) 電波産業会標準規格 ARIB STD-T56 Ver.1.0,”携帯型無線端末の比吸収率測定法”,Jan.,27,1998

(5) Schönborn, F., M. Burkhardt and N. Kuster, “Differences in Energy Absorption Between Heads of Adults and Children in the Near Field of Sources.”, Health Physics, vol. 74, pp. 160-168, 1998.

(6) Gordon et al., 1988 Anthropometric Survey of U.S. Army Personnel: Methods and Summary Statistics, Technical Report NATICK/TR-89/044 , 1989.

(7) S.Watanabe,M.Taki, T.Nojima, and O.Fujiwara,"Charactoristics of the SAR distributions in a head exposed to electromagnetic fields radiated by a hand-held portable radio," IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol.44, Oct., 1996.

(8) V.Hombach, K.Meier, M.Burkhardt, E.Kühn,and N.Kuster,"The dependence of EM energy absorption upon human head modeling at 900MHz," IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol.44.pp.1865-1873,Oct.,1996.

(9) N.Kuster, R., Kästle, and T.Schmid,"Dosimetric evaluation of handheld mobile communications equipment, with known precision," IEICE Trans. Commun., vol.E80-B,pp.645-652, May 1997.

(10) A. Christ, A. Klingenbock, T. Samaras, C. Goiceanu, and N. Kuster, “The dependence of electromagnetic near-field absorption on body tissue composition in the frequency range from 300 MHz to 6 GHz”, IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. 54, no. 5, pp. 2188 – 2195, May 2006.

(11) M.A.Jensen and Y.Rahmat-Samii, "Performance analysis of antennas for hand-held transceivers using FDTD," IEEE Trans. Antennas Propag., vol.42, pp.1106-1113, Aug., 1994.

(12) N. Kuster, Q. Balzano, and J.C. Lin, Eds., "Mobile Communications Safety", Chapman & Hall, London, 1997.

(13) IEC TC106 MT1, “Options to deal with the question of the hand effect on the peak spatial-average SAR in the head of cell phone users,” 106/284/Q, Augst 2013.

(14) IEC TC106 MT1, “Result of Questionnaire 106/284/Q,” Nov. 2013.

(15) T. Iyama and T. Onishi, "Variations in SAR of wireless communication devices caused by host devices," IEICE Trans. Commun., vol. 94-B, no. 12, pp. 3603 – 3606, Dec. 2011.

(16) T. Onishi, "SAR variations with respect to wireless data communication devices operated with host device," IEICE Trans. ComEX, vol. 1, no. 4, pp. 160 - 164, Oct. 2012.

(17) IEEE, "IEEE recommended practice for determining the peak spatial-average Specific Absorption Rate (SAR) in the human head from wireless communications devices: measurement techniques," IEEE standard coordinating committee 39, Std. 1528, Sept. 2013.

参　考　資　料

参考資料１

電気通信技術審議会答申

諮問第３８号「電波利用における人体の防護指針」（抜粋）

（平成２年６月２５日）

第１章　目的と範囲

電波防護指針は、人体の安全と電波利用施設の運用との間の適切な調和を図ることによって、社会・経済的に需要の高まっている電波利用の健全な発展に資することを目的とする。このため、電波利用において人体が電磁界にさらされる場合、その電磁界が人体に好ましくない電磁現象（深部体温の上昇、電撃、高周波熱傷など）を及ぼさない安全な状況であるか否かの判断をする際の基本的な考え方と、それに基づく数値、電波利用施設周辺における電磁界強度等の測定法及び推定法並びに人体に照射される電磁界の強度を軽減するための防護法を示し、電波利用の安全基準、勧告、実施要領などを定める際の指針を提供する。ここで示した数値は、十分な安全率を考慮した人体防護を前提としており、これを超えたからといってそれだけで人体に影響があるものではない。

電波防護指針において対象とする電磁界の周波数範囲は、電波法第２条に定められている範囲（「電波」とは３、０００GHz 以下の周波数の電磁波をいう。）を全て網羅することが望ましいが周波数割当ての現状、電波利用技術の動向等を考慮し、10kHz から 300GHz までの周波数を対象とした。

電波防護指針は電波利用全般において適用する。具体的には、業務上において電磁界にさらされる場合や日常生活において電磁界にさらされる場合が考えられるが、電波防護指針を実際に適用する場合には、電磁波源の諸元や電磁界にさらされる状況などの様々な条件を十分吟味した上で、電波防護指針の考え方に基づき適切に行うことが必要である。

ここで提示する電波防護指針は、現時点において専門家が共通の認識に達している事項に基づいて記述しているが、暫定的な性格も有している。したがって、今後、この分野における調査研究が進展し、科学的に裏付けされた根拠や新しい考え方等が示された場合には、社会における電波利用の状況等に応じて本防護指針の内容を改める必要がある。

第３章　防護指針

3.1 防護指針の性格と構成

3.1.1 防護指針の基礎とする電磁界の生体作用

人体内の各組織は電磁的にはある電気的定数を持った誘導体と考えられている。電磁界と生体の相互作用に関しては、この生体の電気的特性の面から理論的解析が行われているほか、適切な誘電率及び導電率で構成した模擬人体などによる実験的分析手法も確立されている。これらに基づく研究成果によれば、電磁界による生体作用は、表１に示すように、熱作用、刺激作用及びその他の作用に大別できる。

表１　電磁波と生体作用の関係

<table>
<tr><th colspan="2">作用の区分</th><th>生体の変化の要因</th><th>作用の評価量</th><th>電磁波との関係</th></tr>
<tr><td rowspan="2">熱作用</td><td>全身加熱</td><td>熱調節応答
深部体温加熱
熱ストレス</td><td>全身平均ＳＡＲ
上昇温度
（深部体温）</td><td rowspan="3">マクロな相互作用
（線量学的アプローチが可能）</td></tr>
<tr><td>局所加熱</td><td>組織加熱</td><td>局所平均ＳＡＲ
上昇温度
（局所組織温）</td></tr>
<tr><td colspan="2">刺激作用</td><td>電流刺激による神経、筋の興奮</td><td>誘導電流（密度）</td></tr>
<tr><td colspan="2">その他作用</td><td>不明</td><td>電磁界強度など
（変調周波数）</td><td>ミクロな相互作用</td></tr>
</table>

この生体作用のうち、熱作用及び刺激作用については多くの研究の蓄積があり、電磁界強度との因果関係がほぼ定量的に把握されている。それらによれば、100kHz を境界領域として、刺激作用は低周波領域において、熱作用は高周波領域において支配的である。しかし、熱作用、刺激作用以外のその他の作用については、生体内の現象と関連した状態で確認されたものでははなく、人の健康に支障を及ぼすという事実も示されていない。

このため、電波防護指針において対象とする電磁界の生体作用は、熱作用、刺激作用に限定した。この中には、熱作用及び刺激作用の範疇で捉えられるパルス波や変調波などによる作用が含まれている。また、電磁界から生体が直接に受ける作用でパルス波や変調波などの作用が含まれている。また、電磁界から直接受ける作用ではないが、電磁界が原因となって生ずる接触電流についても考慮した。

なお、諸外国でも同様な考え方に基づいて電波防護指針を定めているが、それらの指針の範囲内において、熱作用、刺激作用はもとよりその他の作用についても、好ましくない影響が生じたとい

う事実は、現在まで示されていない。

3.1.2 防護指針の評価対象量の問題点

電磁界による生体に対する熱作用は、組織内でのジュール熱の発生による体温あるいは組織温の上昇である。この温度上昇は、組織の吸収エネルギー量と密接に関係し、単位質量の組織に単位時間に吸収されるエネルギー量、すなわち比吸収率（ＳＡＲ）を評価量として用いる。一方、刺激作用は人体組織に誘導される電流密度と関係づけられ、比吸収率及び誘導電流はいずれも、人体組織内部の電界強度と組織の導電率に依存する現象として捉えられる。

このように、電磁界の生体作用は組織内部の電界強度等と密接な関係がある。しかし、組織内部の電界強度等は直接測定することができないため、なんらかの方法により人体内部の電磁現象を推定しなければならない。現在、この推定を行う手順は定式化されておらず、一部の研究機関等が個別の問題として推定（評価）を行っているのみである。したがって、現時点においては、人体内部の電磁現象を測定の対象量とすることは一般的ではないと言える。

電波防護指針は、我々が電波利用機器とかかわるさまざまな場面において、その安全性を迅速に評価できるようになっている必要があり、直接測定できない人体内部の電磁現象に関する量による表現では、防護指針としての現実的な役割を果たすことはできない。このため、人体内部の電磁現象を測定可能な量（電磁界強度、電流）に変換し、これによって安全性の評価を行なうことが必要となる。

3.1.3 防護指針の構成

防護指針の適用を必要とする状況は、概ね次の３つのケースに分類できる。

1) 空間の電磁環境評価の側面
2) 電波利用機器からの放射および機器の使われ方に関する評価の側面
3) 電磁界に対する防護手段の評価の側面

１では、人体の存在しない空間の電磁界が評価の対象である。電波発射源が十分遠方にあり、人体の位置する空間の至近距離に金属などの電波を散乱させる物体がなければ、その位置における人体内部の電磁現象は、その空間に人体が存在しない場合に測定した電界強度及び磁界強度とほぼ一定の関係があるとみなすことができる。このような条件の下では、人体の存在しない空間における電磁界強度を用いて防護指針が設定できる。この指針を電磁界強度指針と呼ぶ。防護指針の対象となる電磁界は、通常、近傍界又は不均一であるため、電磁界強度指針をそのまま適用できる状況は限られている。このような条件を満たさない電磁環境は、空間のみを対象とした評価が適切でない場合である。この場合は、２のケースとして考える。

２では、電磁放射源と人体の相互関係が評価の対象となる。電磁放射源と人体との関係が一定であれば、電磁放射源自体に対する評価とみなすこともできる。すなわち、放射源が遠方にある場合などは１のケースの問題とみなせるが、一般的には人体内部の電磁現象に基づく評価を行う必要が

ある。このような人体内部の電磁現象に基づく評価のための指針を基礎指針と呼ぶ。

しかし、基礎指針には測定できない量による表現が含まれているため、２の問題すべてに対して基礎指針による評価を行うとなると、防護指針としての現実的な活用が期待できない。そこで、２の問題に現実的に対処するため、測定可能な評価量による指針を設ける必要がある。この指針を補助指針と呼ぶ。補助指針は、基礎指針に基づき電磁界強度指針を補う形で示され、次の４項目から構成する。

(1) 不均一又は局所的な電磁界にさらされる場合
(2) 接触電流
(3) 誘導電流
(4) 低電力放射源

なお、補助指針は基礎指針に代わる人体内部の電磁現象の簡易評価方法としての性格を有するものであって、２のケースは、本来、基礎指針で扱うべき問題であることを念頭に置く必要がある。

３では､人体内部の電磁現象を直接評価しなくては判断できない問題が含まれる｡この場合には、基礎指針による評価を行う必要であり、研究機関等で慎重に推定・評価を行なう必要がある。

以上のように、防護指針は電磁界強度指針、補助指針及び基礎指針から構成する。このうち、電磁界強度指針及び補助指針は、実際の問題へ具体的に適用するための指針である。この二つの指針を管理指針と呼ぶ。基礎指針は、管理指針の根拠であるとともに、管理指針で扱えない特別の場合において、安全性を判断する際の根拠を与える性格を有する。

防護指針は、現時点の研究成果と電波利用状況の実情を基礎に定められたものである。したがって、これらの状況の変化に応じて補足又は改訂する必要がある。電磁界の生体作用に関する研究の進展は主に基礎指針に反映され、生体内の電磁現象に関する測定法・推定法に関する研究の進展及び電波の利用状況の変化に伴う実社会との整合性については、管理指針に反映される。このような位置づけを考慮すると、基礎指針は容易に改訂される性格のものではないが、管理指針は状況によって適宜変更されるものである。

3.1.4 管理指針の２段階構成

防護指針による評価が信頼できるものであるためには、防護指針が適切に用いられ、また、電磁環境の状況に変化がないかどうかを必要に応じ確認できる必要がある。このような状況を確保できる場合は、基礎指針から換算される数値に基づく管理指針（電磁界強度指針及び補助指針）を適用する。しかし、電波利用の状況が正しく認識されていないような場合では、基礎指針を満たさない状況が無意識のうちに生じてしまうおそれがあり、また、電磁界の存在を意識した行動も期待できない。したがって、このような状況下でも十分な安全性を確保するため、諸外国の防護指針などにおいても合理的な対応策として取り入れられている方法と同様に、付加的な安全率を考慮した適切な指針を設ける必要がある。

以上のような観点から、管理指針を防護指針の主旨が生かされ電磁環境が管理されている状況を

対象とする条件Ｐと、防護指針及び電波利用の状況が認識されていない状況を対象とする条件Ｇに区分する。条件Ｇは条件Ｐに比べ電磁界の管理の不十分さに伴う不確定性を考慮し、条件Ｐより電力密度に換算しておおむね５倍の付加的安全率を設けている。

3.1.5 防護指針の適用手順

管理指針（電磁界強度指針及び補助指針）及び基礎指針で構成される防護指針の適用の手順は次のとおりとする。

実際に評価を行う場合は、放射源等の条件にかかわらず電磁界強度指針を最初に適用する。評価する対象が、電波利用の実情が認識され防護指針の主旨に基づいた電波利用を行うことが可能な場合は、条件Ｐを適用し、このような条件が満満たされない場合は、条件Ｇを適用する。対象とする全空間（場所）において電磁界強度指針が満足されている場合は、その空間（場所）は安全であると判断する。

対象とする空間の電磁界は、一般的に不均一又は近傍界であることが多く、真の電磁界強度より大きな値として評価される。こうした状況において電磁界強度指針が満たされない場合には、補助指針による詳細な評価を行うことによって、安全かどうかを判断する。

このような手順による評価の結果、条件Ｇの管理指針が満たさない場合には、条件Ｐに該当するような管理を行うか、若しくは、指針を満たすよう対策を講ずる。条件Ｐの管理指針が満たされていないことが示された場合は、基礎指針を満たさないおそれがあり、これを満たすよう対策を行うか、あるいは人体への障害の可能性をより直接的に判断するために基礎指針に立ち戻った評価を行なう必要がある。

基礎指針による評価には、規定される量に具体的な測定法・推定法が十分に確立されていない量が含まれている。このため、本指針では実際の評価法について例示するにとどめる。この場合の評価は、研究機関等で適切と認められている方法に従って行う。

3.2 管理指針

管理指針は、基礎指針に基づいて定められたもので、実際の電磁環境の評価は主に管理指針を用いて行う。この指針は、電磁界強度指針及び補助指針から成り、第４章及び第５章で示す測定法及び電磁界強度の推定法に基づいて適用する。

3.2.1 電磁界強度指針値

(1) 条件Ｐ

条件Ｐに該当する場合の電磁界強度指針値を表(2)a 及び(2)b に示す。

測定対象空間が局所的にこの表の値を満足しない場合には、3.2.2(1)の補助指針を適用する。

表 2(a)及び 2(b)の指針値をグラフ化したものを図１及び図２に示す。

表２(a)　条件Ｐの電磁界強度（６分間平均値）の指針値

周波数 f	電界強度の実効値 E[V/m]	磁界強度の実効値 H[A/m]	電力密度 S[mW/cm^2]
10kHz － 30kHz	614	163	
30kHz － ３MHz	614	$4.9f^{-1}$ (MHz) (163－1.63)	
３MHz － 30MHz	$1,842f^{-1}$ (MHz) (614－61.4)	$4.9f^{-1}$ (MHz) (1.63－0.163)	
30MHz －300MHz	61.4	0.163	1
300MHz－1.5GHz	$3.54f^{1/2}$ (MHz) (61.4－137)	$f(MHz)^{1/2}/106$ (0.163－0.365)	f(MHz)/300 (1－5)
1.5GHz－300GHz	137	0.365	5

表２(b)　条件Ｐの低周波領域における電磁界強度（平均時間＜１秒）の指針値

周波数 f	電界強度の実効値 E(V/m)	磁界強度の実効値 H(A/m)
10kHz －100kHz	2,000	163

注１:接触ハザードが防止されていない場合の電界強度の実効値は、15MHz以下の周波数では１３７V/m以下(平均時間＜１秒)でなければならない。ただし、これを満たさない場合であって、表 2(a)及び表 2(b)の指針値を下回る時は、3.2.2(2)を適用することができる。

注２:人体の非接地条件を満たさない場合の電磁界強度の実効値(平均時間６分間)は、３MHzから30MHzまでの周波数では $3,200f(MHz)^{-3/2}$V/m(すなわち 614V/m～20V/m)、30MHz から 100MHz までの周波数では 20V/m、100MHz から 300MHz までの周波数では 0.2f(MHz)V/m(すなわち 20V/m～61.4V/m)以下でなければならない。ただし、これを満たさない場合であって、表 2(a)の指針値を下回る時は、3.2.2(3)を適用することができる。

注３：表２(a)に示した平均時間内において、電界強度又は磁界強度が変化する場合は平均時間内で実効値の自乗平均平方根した値を用い、電力密度が変化する場合は平均時間内での平均値を用いる。

注４：電磁界が指針値に対して無視できないレベルの複数の周波数成分からなる場合は、電界強度及び磁界強度に関しては各周波数成分の指針値に対する割合の自乗和を求め、電力密度に関しては各周波数成分の指針値に対する割合の和を求める。これらの総和が１を超えてはならない。

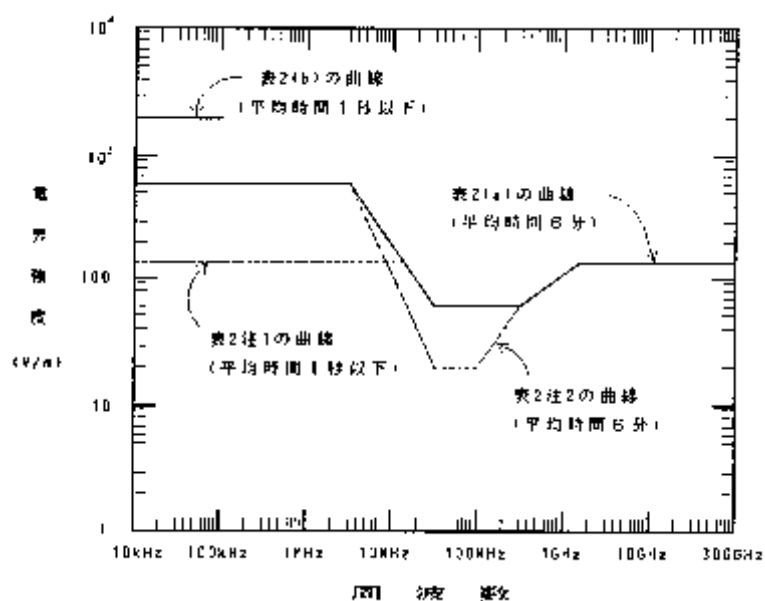



図１　電界強度指針値（条件Ｐ）

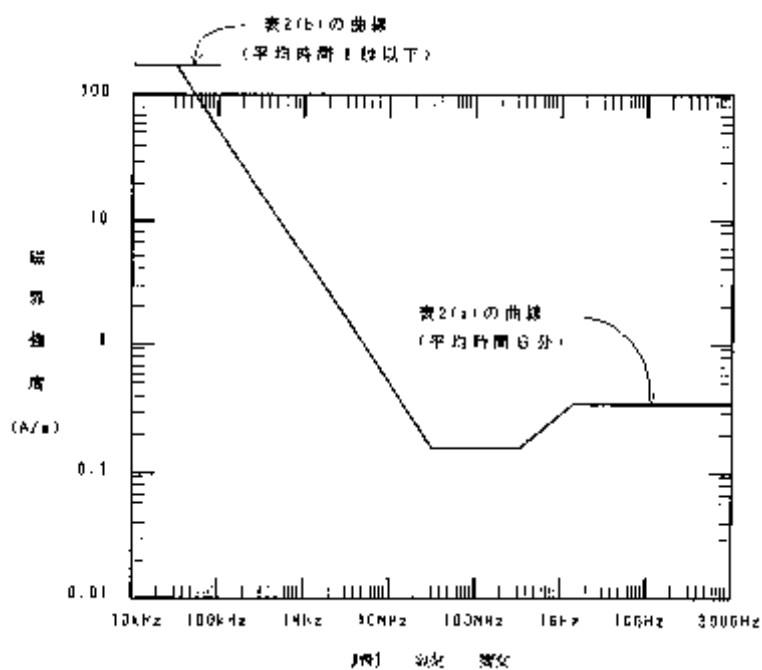



図２　磁界強度指針値（条件Ｐ）

⑵ 条件Ｇ

条件Ｇに該当する場合の電磁界強度指針値を表 3(a)及び表 3(b)に示す。

測定対象空間が局所的にこの表の値を満足しない場合には、3.2.2⑴の補助指針を適用する。

表３(a)　条件Ｇの電磁界強度（６分間平均値）の指針値

周波数 f	電界強度の実効値 E[V/m]	磁界強度の実効値 H[A/m]	電力密度 S[mW/cm^2]
10kHz － 30kHz	275	72.8	
30kHz － ３MHz	275	2.18f^{-1} (MHz) (72.8－0.728)	
３MHz － 30MHz	824f^{-1} (MHz) (275－27.5)	2.18f^{-1} (MHz) (0.728－0.0728)	
30MHz －300MHz	27.5	0.0728	0.2
300MHz－1.5GHz	1.585$f^{1/2}$ (MHz) (27.5－61.4)	$f^{1/2}$ (MHz) /237.8 (0.0728－0.163)	f(MHz)/1500 (0.2－1)
1.5GHz－300GHz	61.4	0.163	1

表３(b)　条件Ｇの低周波領域における電磁界強度（平均時間＜１秒）の指針値

周波数 f	電界強度の実効値 Ｅ(V/m)	磁界強度の実効値 Ｈ(A/m)
10kHz －100kHz	894	72.8

注１：接触ハザードが防止されていない場合の電界強度の実効値は、15MHz 以下周波数では 61.4V/m 以下(平均時間＜１秒)でなければならない。ただし、これを満たさない場合であって、表 3(a)及び表 3(b)の指針値を下回る時は、3.2.2(2)を適用することができる。

注２：人体の非接地条件を満たさない場合の電界強度の実効値（平均時間６分間）は、3MHz から 30MHz までの周波数では 1,430f(MHz)$^{-3/2}$V/m(すなわち 275V/m～9V/m)、30MHz から 100MHz までの周波数では 9V/m、100MHz から 300MHz までの周波数では 0.09f(MHz)V/m(すなわち 9V/m～27V/m)以下でなければならい。ただし、これを満たさない場合であって、表 3(a)の指針値を下回る時は、3.2.2(3)を適用することができる。

注３：表３(a)に示した平均時間内において、電界強度及び磁界強度が変化する場合は平均時間内で実効値の自乗平均平方根した値を用い、電力密度が変化する場合は平均時間内での平均値を用いる。

注４：電磁界が指針値に対して無視できないレベルの複数の周波数成分からなる場合は、電界強度及び磁界強度に関しては各周波数成分の指針値に対する割合の自乗和を求め、電力密度に関しては各周波数成分の指針値に対する割合の和を求める。これらの総和が１を超えてはならない。

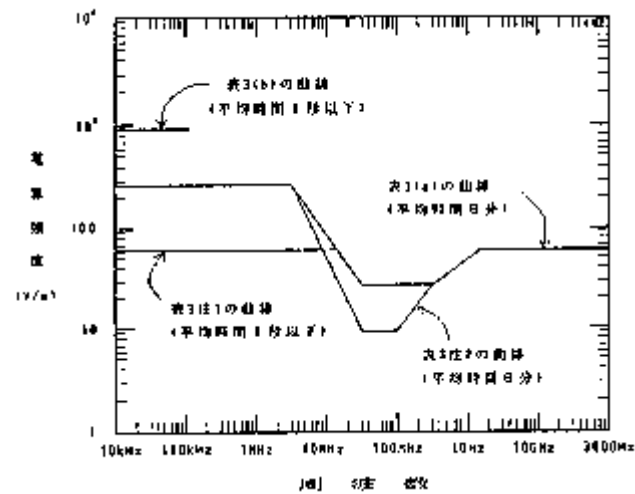



図３　電界強度指針値（条件Ｇ）

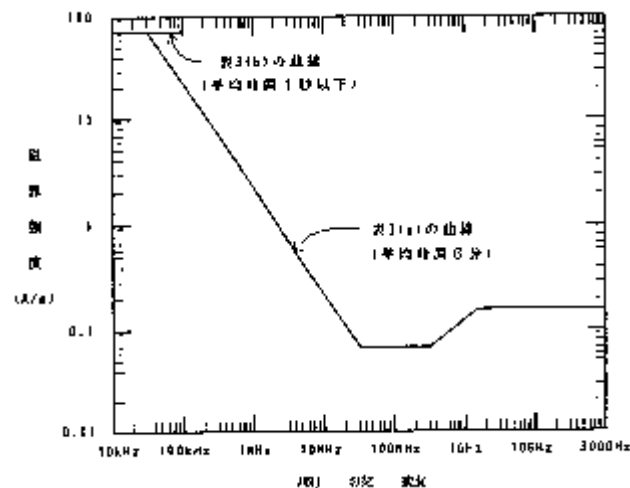



図４　磁界強度指針値（条件Ｇ）

3.2.2 補助指針

電磁界強度指針だけでは防護指針を満たしていることを示すことができない場合に、人体が電磁波にさらされる状況、考慮すべき生体作用等に着目してより厳密に評価するための指針である。

(1) 人体が電磁界に不均一又は局所的にさらされる場合の指針

周波数に応じて該当する条件が全て満たされている場合は、管理指針を満足しているものとみなす。

対象とする周波数が以下の区分にまたがって存在する場合は、①、②(ａ)及び(ｂ)並びに③(ａ)及び(ｂ)については各周波数成分の指針値に対する割合の自乗和を求める。これらの総和が１を超えてはならない。

なお、人体から 20cm 以内(300MHz 以上の周波数では 10cm 以内)の空間で使用する機器等については、その状況ごとに個別の判断が必要である。基礎指針を超えるおそれがある場合には、基礎指針に基づく評価を行なうことが望ましい。

① 周波数が 300MHz 未満の場合

電磁放射源及び金属物体から 20cm 以上離れた空間において、人体の占める空間に相当する全領域の電力密度分布の空間的な平均値(電界強度又は磁界強度の場合は自乗平均値の平方根である。)が、対応する条件(条件Ｐあるいは条件Ｇ)の電磁界強度指針(3.2.1 項)以下であること。

なお、表２あるいは表３の注１～注４は、本項でも適用する。

② 周波数が 300MHz から 1GHz 未満の場合

(a) 電磁放射源及び金属物体から 10cm 以上離れた空間において、人体の占める空間に相当する全領域の電力密度分布の空間的な平均値(電界強度又は磁界強度の場合は自乗平均値の平方根である。)が、対応する条件(条件Ｐあるいは条件Ｇ)の電磁界強度指針(3.2.1 項)以下であること。

なお、表２あるいは表３の注１～注４は、本項でも適用する。

(b) 四肢を除く人体の占める領域内における電力密度の空間的な最大値が 20mW/cm² 以下(６分間平均値)であること。ただし、電磁放射源及び金属物体から 10cm 以上離れた空間のみを対象とする。

なお、表２あるいは表３の注３及び注４は、本項でも適用する。

③ 周波数が 1GHz から 3GHz 未満の場合

(a) 電磁放射源及び金属物体から 10cm 以上離れた空間において、人体の占める空間に相当する全領域の電力密度分布の空間的な平均値(電界強度又は磁界強度の場合は自乗平均値の平方根である。)が、対応する条件(条件Ｐあるいは条件Ｇ)の電磁界強度指針(3.2.1 項)以下であること。

なお、表２あるいは表３の注１～注４は、本項でも適用する。

(b) 四肢を除く人体の占める領域内における電力密度の空間的な最大値が 20mW/cm² 以下(６分間平均値)であること。ただし、電磁放射源及び金属物体から 10cm 以上離れた空間のみを対象とする。

なお、表２あるいは表３の注３及び注４は、本項でも適用する。

(c) 頭部に入射する電力密度の空間的な最大値が 10mW/cm² 以下(６分間平均値)であること。ただし、電磁放射源及び金属物体から 10cm 以上離れた空間のみを対象とする。

なお、表２あるいは表３の注３及び注４は、本項でも適用する。

④ 周波数が 3GHz 以上の場合

(a) 電磁放射源及び金属物体から 10cm 以上離れた空間において、人体の占める空間に相当する全領域の電力密度分布の空間的な平均値(電界強度又は磁界強度の場合は自乗平均値の平方根である。)が、対応する条件(条件Ｐあるいは条件Ｇ)の電磁界強度指針(3.2.1 項)以下であること。

なお、表２あるいは表３の注１～注４は、本項でも適用する。

(b) 電磁放射源及び金属物体から 10cm 以上離れた空間での体表に入射する電力密度の空間的な最大値が、条件 P の場合は 50mW/cm^2 以下、条件 G の場合は 10mW/cm^2 以下(いずれも６分間平均値)であること。

なお、表２あるいは表３の注３及び注４は、本項でも適用する。

(c) 電磁放射源及び金属物体から 10cm 以上離れた空間での眼に入射する電力密度が、10mW/cm^2 以下(いずれも６分間平均値)であること。

なお、表２あるいは表３の注３及び注４は、本項でも適用する。

以上各条件を表４に示す。

表４　不均一又は局所的にさらされる場合の補助指針

	10kHz-300MHz	300MHz-1GHz	1GHz-3GHz	3GHz-300GHz
電磁界強度の空間的平均値	条件Ｐ：表２の電磁界強度指針値以下（注１から注４も適用） 条件Ｇ：表３の電磁界強度指針値以下（注１から注４も適用）			
電磁界強度の空間的最大値		四肢以外：20mW/cm^2		体表： 条件Ｐ：50mW/cm^2 条件Ｇ：10mW/cm^2
			頭部：10mW/cm^2	眼：10mW/cm^2
適用する空間	電磁放射源、金属物体から 20cm 以上離れた人体の占める空間	電磁放射源、金属物体から 10cm 以上離れた人体の占める空間		

注：「人体が電磁界に不均一又は局所的にさらされる場合の指針」は、平成９年の電気通信技術審議会（電波利用における人体防護の在り方）で明確化されている。

(2) 接触電流に関する指針

(a) 条件Ｐで接触ハザードが防止されていない場合

10kHz から 100kHz までの周波数において測定された接触電流（平均時間＜１秒）が 10^{-3}f(Hz)mA 以下、100kHz から 15MHz までの周波数においては 100mA 以下であれば、表２の注１を満たさなくてもよい。

ただし、接触電流がこの指針に対して無視できないレベルの複数の周波数成分からなる

場合は、その各周波数成分の指針値に対する割合の自乗和を求める。これらの総和が１を超えてはならない。

(b) 条件Ｇで接触ハザードが防止されていない場合

10kHz から 100kHz までの周波数において測定された接触電流（平均時間＜１秒）が 4.5×10^{-4}f(Hz)mA 以下、100kHz から 15MHz までの周波数においては 45mA 以下であれば、表３の注１を満たさなくてもよい。

ただし、接触電流がこの指針に対して無視できないレベルの複数の周波数成分からなる場合は、その各周波数成分の指針値に対する割合の自乗和を求める。これらの総和が１を超えてはならない。

(3) 誘導電流に関する指針

(a) 条件Ｐで非接地条件を満たさない場合

３MHz から 300MHz までの周波数で測定された足首における誘導電流（平均時間６分間）が、片足当たりで 100mA 以下ならば、表２の注２を満たさなくてもよい。

ただし、誘導電流がこの指針に対して無視できないレベルの複数の周波数成分からなる場合は、その各周波数成分の指針値に対する割合の自乗和を求める。これらの総和が１を超えてはならない。

(b) 条件Ｇで非接地条件を満たさない場合

３MHz から 300MHz までの周波数で測定された足首における誘導電流（平均時間６分間）が、片足当りで 45mA 以下ならば、表３の注２を満たさなくてもよい。

ただし、誘導電流がこの指針に対して無視できないレベルの複数の周波数成分からなる場合は、その各周波数成分の指針値に対する割合の自乗和を求める。これらの総和が１を超えてはならない。

(4) 低電力の電磁放射源に関する指針

100kHz から 3GHz までの周波数において定格出力７W以下の電磁放射源に関しては、通常の使用状態では基礎指針を満たすものと考えられ、管理指針及び他の補助指針での評価を要しない。ただし、放射源が身体に極めて近い場合及び放射エネルギーが特定方向に集中する場合は、局所的に大きなＳＡＲを生じることがあるので注意することが望ましい。

注：「低電力の電磁放射源に関する指針」は、平成９年の電気通信技術審議会（電波利用における人体防護の在り方）で答申された局所吸収指針に包含されることから削除されている。

3.3 基礎指針

基礎指針を表５に示す。基礎指針は管理指針の根拠となる概念であるとともに、生体作用発生の可能性を判断するための基礎を与えるものである。

表５　基礎指針

１　全身平均ＳＡＲの任意の６分間平均値が、0.4W/kg 以下であること。 ２　10kHz から 100kHz までの周波数では、組織内の誘導電流密度が 0.35×10^{-4} f[Hz]mA/cm² 以下であること。 ３　10kHz から 100kHz までの周波数では、接触電流などが体外からの流入電流が 10^{-3}f[Hz]mA 以下（平均時間＜１秒間）であること。また、100kHz から 100MHz までの周波数では、100mA 以下(平均時間６分間）であること。 ４　上記の１、２及び３に加え、次の点に関して注意事項として考慮すること。 （ａ）全身平均ＳＡＲの任意の６分間平均値が 0.4W/kg 以下であっても、任意の 組織１g 当りのＳＡＲ（６分間平均値）が８W/kg（体表と四肢では 25W/kg）を超えないことが望ましい。 （ｂ）３GHz 以上の周波数においては、眼への入射電力密度(６分間平均)が 10 mW/cm² 以下とすること。

3.4 注意事項

(1) 医療目的の場合

電磁波を医療目的で用いる場合、医療従事者が電磁界にさらされる状況は本指針の適用の対象となるが、患者に関しては医療効果を考慮して判断するべき問題であり、医師が本指針で示された安全性の限界を十分に認識した上で用いる場合に限り適用の対象とはしない。しかし、例えば膝の関節の治療に有効な電波も眼には有害となる可能性があることから、必要以上に広範囲に電磁波を照射することを避けるとともに、漏洩電磁界には十分注意する必要がある。

(2) ペースメーカー装着者

ペースメーカー装着者が電波利用をする場合は、担当医師の指示に従うべきであり、この指針ではペースメーカー装着者を対象とはしない。

(3) 体内に金属を埋め込んでいる人

体内に金属を埋め込んでいる場合は、指針値以下の電磁界でも予想外の局所的な発熱などを引き起こす可能性があり、注意が必要である。

(4) 体に金属を身につけている人

金属を身につけている場合は、特に誘導加熱炉などの近くでは、指針値以下の電磁界でも金属が発熱する可能性があり、注意が必要である。

参考資料２

電気通信技術審議会答申

諮問第８９号「電波利用における人体防護の在り方」（抜粋）

（平成９年４月２４日）

４　人体が電磁波に局所的にさらされる場合等の指針

4.1 携帯電話端末等の低電力放射源に関する指針の明確化の必要性

平成２年に電気通信技術審議会が「電波利用における人体の防護指針」を答申して以来、携帯電話端末等無線機器の小型化が飛躍的に進むとともに、一般に広く普及しつつある。これに伴い、低電力放射源からの電磁波を頭部を始とする局所で受ける機会がますます増える傾向にあるが、このような場合に適用する指針は、まだ明確に記述されていない。

一方、携帯電話の小型化と歩調を合わせて、従来はごく限られた専門機関に限定され、また、測定精度も十分でなかった擬似的な人体モデル（ファントム）を用いた電磁波の人体内でのＳＡＲを測定する技術も急速に進歩している。このため、一般の利用者に無用な不安や誤解を与えることのないよう、低電力放射源に関し、より具体的な分かり易い指針を早急に作成することが必要となっている。

4.2 管理指針の一部改訂

最近の研究結果、国際動向および携帯電話等の著しい普及を考慮して、平成２年に答申された「電波防護指針」に記載されている管理指針を次のように一部改訂する。

現行の管理指針は、電磁界強度指針と補助指針から構成されているが、国際非電離放射線委員会(ICNIRP)等の国際規格との整合性を考慮するとともに、携帯電話端末等の低電力放射源に対するより分かりやすい指針を明確化するため、新たに「局所吸収指針」を設けることとする。これに伴い、現行の補助指針に記載されている「低電力の電磁放射源に関する指針」は、局所吸収指針に包含されることから削除する。したがって、新しい管理指針は電磁界強度指針、補助指針、局所吸収指針から構成される。

⑴　電磁界強度指針

平成２年に答申された「電波防護指針」どおり。

⑵　補助指針

局所吸収指針を設けること等により、従来の補助指針についても一部に変更が生ずる。変更後の補助指針は、別紙１のとおりとなる。

(3)　局所吸収指針

(3-1)　適用範囲

本指針は、周波数 100kHz から 3GHz までに適用する。

局所吸収指針の主な対象は、携帯電話端末等の小型無線機であり、電磁放射源に寄与するアンテナや筐体が人体に極めて近接して使用される場合を想定している。

本指針は、電磁放射源（主にアンテナ）や金属（筐体等）と人体との距離が、周波数 100kHz 以上 300MHz 未満で 20cm 以内、周波数 300MHz 以上 3GHz 未満で 10cm 以内の場合に原則として適用される。また、それ以外の距離においても、従来の管理指針（電磁界強度指針および補助指針）あるいは局所吸収指針のどちらか一方を満たせば基礎指針を満たしていると判断できる。

(3-2)　管理環境

次の要件を全て満たすこと。

<1>　全身平均 SAR の任意の６分間平均値が、0.4W/kg 以下であること。

<2>　任意の組織 10g 当りの局所 SAR（６分間平均値）が 10W/kg（四肢では 20W/kg）を超えないこと。

<3>　接触ハザードが防止されていない場合は、100kHz から 100MHz までの周波数において接触電流が 100mA 以下（平均時間６分間）であること。

ただし、接触電流がこの指針に対して無視できないレベルの複数の周波数成分からなる場合は、その各周波数成分の指針値に対する割合の自乗和を求める。これらの総和が１を超えてはならない。

なお、周波数 100MHz 以上の無線局は、<3>に述べた接触電流に関する指針に基づく評価を行う必要はない。

(3-3)　一般環境

次の要件を全て満たすこと。

<1>　全身平均 SAR の任意の６分間平均値が、0.08W/kg 以下であること。

<2>　任意の組織 10g 当たりの局所ＳＡＲ（６分間平均値）が 2W/kg（四肢では 4W/kg）を超えないこと。

<3>　接触ハザードが防止されていない場合は、100kHz から 100MHz までの周波数にお

いては接触電流が 45mA 以下（平均時間６分間）であること。

ただし、接触電流がこの指針に対して無視できないレベルの複数の周波数成分からなる場合は、その各周波数成分の指針値に対する割合の自乗和を求める。これらの総和が１を超えてはならない。

なお、周波数 100MHz 以上の無線局は、<3>に述べた接触電流に関する指針に基づく評価を行う必要はない。

4.3 注意事項

電波を医療目的で用いる場合は、ペースメーカ装着者、体内に金属を埋め込んでいる人に対する注意事項は、平成２年に答申された電波防護指針に記されている注意事項と同様である。

最近、一部のマスコミ等で電波がペースメーカ等医用電気機器に与える影響と人体に与える影響とを同一視する報道がなされているが、これは誤った認識である。電波がペースメーカ等医用電気機器に干渉を与えるメカニズムは、電波により電子回路に誘起された信号で、電子回路が誤動作を起こすことに起因するものであり、電波の人体への影響とは同一に取り扱うべきではない。携帯電話端末等無線機が医用電気機器に与える影響を防止するための指針については、不要電波問題対策協議会が平成９年３月に公表した「医用電気機器への電波の影響を防止するための携帯電話端末等の使用に関する指針」を参照されたい。

Ｉ　電磁界強度指針（概要）　　　　【現行指針と同一（変更なし）】

表１：管理環境（条件Ｐ）における電磁界強度（平均時間６分間）の指針値

周波数 f	電界強度の実効値 E [V/m]	磁界強度の実効値 H [A/m]	電力密度 S [mW/cm^2]
10kHz～30kHz	614	163	
30kHz～3MHz	614	$4.9f^{-1}$ [MHz] (163-1.63)	
3MHz～30MHz	$1842f^{-1}$ [MHz] (614-61.4)	$4.9f^{-1}$ [MHz] (1.63-0.163)	
30MHz～300MHz	61.4	0.163	1
300MHz～1.5GHz	$3.54f^{1/2}$ [MHz] (61.4-137)	$f^{1/2}$ [MHz] /106 (0.163-0.365)	f[MHz]/300 (1-5)
1.5GHz～300GHz	137	0.365	5

表２：一般環境（条件Ｇ）における電磁界強度（平均時間６分間）の指針値

周波数 f	電界強度の実効値 E [V/m]	磁界強度の実効値 H [A/m]	電力密度 S [mW/cm^2]
10kHz～30kHz	275	72.8	
30kHz～3MHz	275	$2.18f^{-1}$ [MHz] (72.8-0.728)	
3MHz～30MHz	$824f^{-1}$ [MHz] (275-27.5)	$2.18f^{-1}$ [MHz] (0.728-0.0728)	
30MHz～300MHz	27.5	0.0728	0.2
300MHz～1.5GHz	$1.585f^{1/2}$ [MHz] (27.5-61.4)	$f^{1/2}$ [MHz] /237.8 (0.0728-0.163)	f[MHz]/1500 (0.2-1)
1.5GHz～300GHz	61.4	0.163	1

Ⅱ　補助指針（概要）

(1)人体が電磁界に不均一又は局所的にさらされる場合の指針

<table>
<tr><th></th><th>10kHz-300MHz</th><th>300MHz-1GHz</th><th>1GHz-3GHz</th><th>3GHz-300GHz</th></tr>
<tr><td>電磁界強度の空間的平均値</td><td colspan="4">管理環境：表１　適用
一般環境：表２　適用</td></tr>
<tr><td rowspan="2">電磁界強度の空間的最大値</td><td rowspan="2"></td><td colspan="2">四肢以外：
管理：20mW/cm^2
一般： 4mW/cm^2</td><td>体表：
管理:50mW/cm^2
一般:10mW/cm^2</td></tr>
<tr><td></td><td>頭部：
管理:10mW/cm^2
一般: 2mW/cm^2</td><td>眼：
管理:10mW/cm^2
一般: 2mW/cm^2</td></tr>
<tr><td>適用する空間</td><td>電磁放射源、金属物体から 20cm 以上離れた人体の占める空間</td><td colspan="3">電磁放射源、金属物体から 10cm 以上離れた人体の占める空間</td></tr>
<tr><td>平均時間</td><td colspan="4">６分間</td></tr>
</table>

(2)接触電流に対する指針

<table>
<tr><th>周波数</th><th>接触電流</th></tr>
<tr><td rowspan="2">10kHz～100kHz</td><td>10^{-3}f[Hz]mA
（平均時間＜１秒間）</td></tr>
<tr><td>4.5×10^{-4}f[Hz]mA
（平均時間＜１秒間）</td></tr>
<tr><td rowspan="2">100kHz～15MHz</td><td>100mA 以下
（平均時間６分間）</td></tr>
<tr><td>45mA 以下
（平均時間６分間）</td></tr>
</table>

上段：管理環境　　下段；一般環境

(3)足首誘導電流に対する指針

<table>
<tr><th>周波数</th><th>接触電流</th></tr>
<tr><td rowspan="2">3MHz～30MHz</td><td>100mA 以下
（平均時間６分間）</td></tr>
<tr><td>45mA 以下
（平均時間６分間）</td></tr>
</table>

上段：管理環境　　下段；一般環境

Ⅲ　局所吸収指針（概要）

適用範囲：　本指針は、周波数 100kHz から 3GHz までに適用できる。

対　　象：　身体に近接して使用する小型無線機等に適用できる。

主に、周波数 100kHz 以上 300MHz 未満で、電磁放射源との距離 20cm 以内

周波数 300MHz 以上 3GHz 未満で、電磁放射源との距離 10cm 以内

	管理環境	一般環境
全身平均ＳＡＲ	0.4W/kg	0.08W/kg
局所ＳＡＲ	任意の組織 10g 当たり 10W/kg 20W/kg（四肢）	任意の組織 10g 当たり 2W/kg 4W/kg（四肢）
接触電流	接触ハザードが防止されていない場合 100kHz から 100MHz までの周波数 100mA	接触ハザードが防止されていない場合 100kHz から 100MHz までの周波数 45mA

（任意の６分間平均値）

※　接触電流に関して、指針値に対して無視できないレベルの複数の周波数成分からなる場合は、その周波数成分の指針値に対する割合での自乗和を求める。これらの総和が 1 を超えてはならない。

参考資料３

情報通信審議会答申

諮問第２０３０号「局所吸収指針の在り方」

（平成２３年５月１７日）

電気通信技術審議会答申 諮問第 89 号「電波利用における人体防護の在り方」（平成９年４月２４日）における局所吸収指針（４．２（３））に関し、以下のとおり適用範囲の改定を行うことが適当である。

（３－１） 適用範囲

本指針は、周波数 100kHz 以上 6GHz 以下に適用する。

局所吸収指針の主な対象は、携帯電話端末等の小型無線機であり、電磁放射源に寄与するアンテナや筐体が人体に極めて近接して使用される場合を想定している。

具体的には、本指針（局所吸収指針）は、電磁放射源（主にアンテナ）や放射に関わる金属（筐体等）と人体との距離が 20cm 以内の場合に適用される。また、それ以外の距離においても、電磁界強度指針、補助指針又は局所吸収指針のいずれか１つを満たせば基礎指針を満たしていると判断できる。ただし、周波数が 300MHz 以上 300GHz 未満であって、10cm 以上 20cm 以内の距離における電磁界強度指針又は補助指針の適用は排除されない。

なお、空中線電力の平均電力が 20mW 以下の無線局については、仮に無線局の全出力が身体のごく一部に吸収される場合でも、局所 SAR の電波防護指針を満たしており、評価の必要性はないものと考えられる。また、管理環境においては、同 100mW 以下の無線局については、評価の必要性がないものと考えられる。

参考資料４

ＩＣＮＩＲＰにける四肢の定義

参考までに、ICNIRP（国際非電離放射線防護委員会）ガイドラインによる四肢の定義を示す。図 1 に示した灰色の部分が四肢（手足）の定義となる。

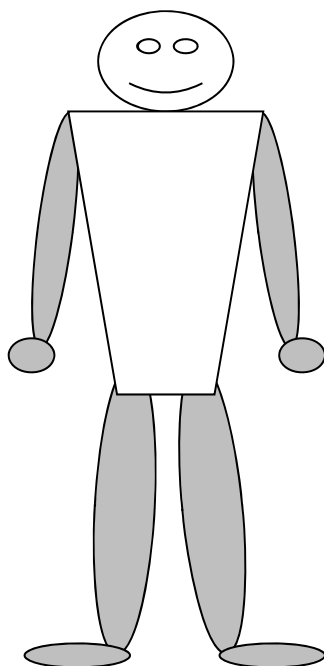



図 1 四肢の定義

参考文献

Internatinoal Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), “Guideline for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300GHz)”, Health phsics, vol. 74, no. 4, pp. 494 – 522, Apr. 1998.

参考資料５

ファントム液剤の組成例

1　ファントム液剤の調合

ファントム液剤を調合する際には、以下の材料を用いる。

・蔗糖(98 %)
・塩化ナトリウム(99 + %)
・脱イオン水 (電気抵抗値 16MΩ)
・ハイドロキシルセルロース (HEC)
・防腐剤
・ジエチレングリコールブチルエーテル (DGBE)
・プロピレングリコール
・ブチルカルビトール
・ジアセチン
・1,2-プロパンジオール
・トゥイーン（Tween）
・乳化剤
・鉱油

ファントム液剤の調合例を、以下に示す。

（1）300 MHz 溶液

55.32%　蔗糖
37.56%　脱イオン水
5.95%　塩化ナトリウム
0.98%　HEC
0.19%　防腐剤

（2）450 MHz 溶液

56.32 %　蔗糖
38.56 %　脱イオン水
3.95 %　塩化ナトリウム

0.98 %　HEC

0.19 %　防腐剤

（3）835 MHz 溶液１

56.0%　蔗糖

41.45%　脱イオン水

1.45%　塩化ナトリウム

1.0%　HEC

0.1%　防腐剤

（4）835MHz 溶液２

48.39%　トゥイーン

50.36%　脱イオン水

1.25%　塩化ナトリウム

（5）900 MHz 溶液１

56.50%　蔗糖

40.71%　脱イオン水

1.48%　塩化ナトリウム

0.99%　HEC

0.19%　防腐剤

（6）900 MHz 溶液２

64.81%　プロピレングリコール

34.40%　脱イオン水

0.79%　塩化ナトリウム

（7）900MHz 溶液３

47.42%　トゥイーン

51.38%　脱イオン水

1.20%　塩化ナトリウム

（8）1450 MHz 溶液１

45.51%　DGBE

53.82%　脱イオン水

0.67% 塩化ナトリウム

（9）1450MHz 溶液２

44.73% トゥイーン

56.67% 脱イオン水

0.60%　塩化ナトリウム

（10）1624MHz 溶液

46.20% トゥイーン

53.15% 脱イオン水

0.65%　塩化ナトリウム

（11）1767.5MHz 溶液

45.27% トゥイーン

54.23% 脱イオン水

0.50%　塩化ナトリウム

（12）1800 MHz 溶液

44.92%　ブチルカルビトール

54.90%　脱イオン水

0.18%　塩化ナトリウム

（13）1950 MHz 溶液１

45.00%　ブチルカルビトール

55.00%　脱イオン水

（14）1950MHz 溶液２

44.91% トゥイーン

54.89% 脱イオン水

0.20%　塩化ナトリウム

(15) 2018MHz 溶液

45.50% トゥイーン

54.63% 脱イオン水

0.17% 塩化ナトリウム

(16) 2100 MHz 溶液

50.00%　ブチルカルビトール

50.00%　脱イオン水

(17) 2450 MHz 溶液１

49.75%　ジアセチン

0.50%　防腐剤

49.75%　脱イオン水

(18) 2450 MHz 溶液２

45.00% トゥイーン

55.00% 脱イオン水

0.00% 塩化ナトリウム

(19) 4000 MHz 溶液

44.00% 酸化鉱油

56.00% 脱イオン水

(20) 5000 MHz 溶液

44.00% 酸化鉱油

56.00% 脱イオン水

(21) 5000 MHz 溶液

44.00% 酸化鉱油

56.00% 脱イオン水

（22）5200 MHz 溶液

17.24% ジエチレングリコールモノヘキシルエーテル

17.24% トリトン X-100

66.53% 脱イオン水

（23）5800 MHz 溶液

17.24% ジエチレングリコールモノヘキシルエーテル

17.24% トリトン X-100

66.53% 脱イオン水

（24）6000 MHz 溶液

44.00% 酸化鉱油

56.00% 脱イオン水

２　ファントム液剤の測定

ファントム液剤の電気的特性は、スロットライン法、接触プローブ法又は TEM 線路法を用いて測定することができる。具体的手順等は、IEC 62209-1 を参照すること。

参考資料６

LTE 対応送信機の測定手順例

1.1 概要

LTE 通信方式は従来の通信方式に比べて非常に多くの送信状態のパラメータが存在するためそれらの送信条件の中から最大 SAR を抽出する手順を定めることは重要である。参考資料 6 では、IEC TC106 MT1 における検討結果と 3GPP における RF 出力電力の測定条件を基本とした SAR の測定手順例を示している。IEC において RB 数，RB 配置，変調，帯域幅，周波数について検討した結果、以下が明らかになっている。

・1RB/QPSK 変調の条件が最大 SAR を与える可能性が高い
・RF 出力と SAR には 25%ばらつき内($k = 1$)で比例関係にある

1.2 LTE パラメータ

上記結果を基に条件の組み合わせは以下の通りとする。

・1RB/QPSK 変調を送信周波数帯域のうち一番広い帯域について、チャネルあたり 3 つ配置する
　　・チャネルの下限，中央，上限に配置する
・それ以外については、表 1 および表 2 記載の 3GPP 測定条件を用いる

参考に 3GPP 定義の Band 1 (2 GHz 帯)の配置を図 1 に示す。なおオレンジ色は MPR=0、青色は MPR ≥ 1、赤色は 3GPP 規定以外の条件を示している。また、赤い点線の部分は、同じ条件が存在するので省略することができることを示している。

表１　3GPP 規定の RF 出力電力の試験測定条件（MPR=0）

Ch. B.W. [MHz]	Modulation	RB
1.4	QPSK	1
1.4	QPSK	5
3	QPSK	1
3	QPSK	4
5	QPSK	1
5	QPSK	8
10	QPSK	1
10	QPSK	12
15	QPSK	1
15	QPSK	16
20	QPSK	1

20	QPSK	18

表２　3GPP 規定の RF 出力電力の試験測定条件（MPR ≥ 1）

Ch. B.W. [MHz]	Modulation	RB
1.4	QPSK	5
1.4	QPSK	6
1.4	16QAM	5
1.4	16QAM	6
3	QPSK	4
3	QPSK	15
3	16QAM	4
3	16QAM	15
5	QPSK	8
5	QPSK	25
5	16QAM	8
5	16QAM	25
10	QPSK	12
10	QPSK	50
10	16QAM	12
10	16QAM	50
15	QPSK	16
15	QPSK	75
15	16QAM	16
15	16QAM	75
20	QPSK	18
20	QPSK	100
20	16QAM	18
20	16QAM	100

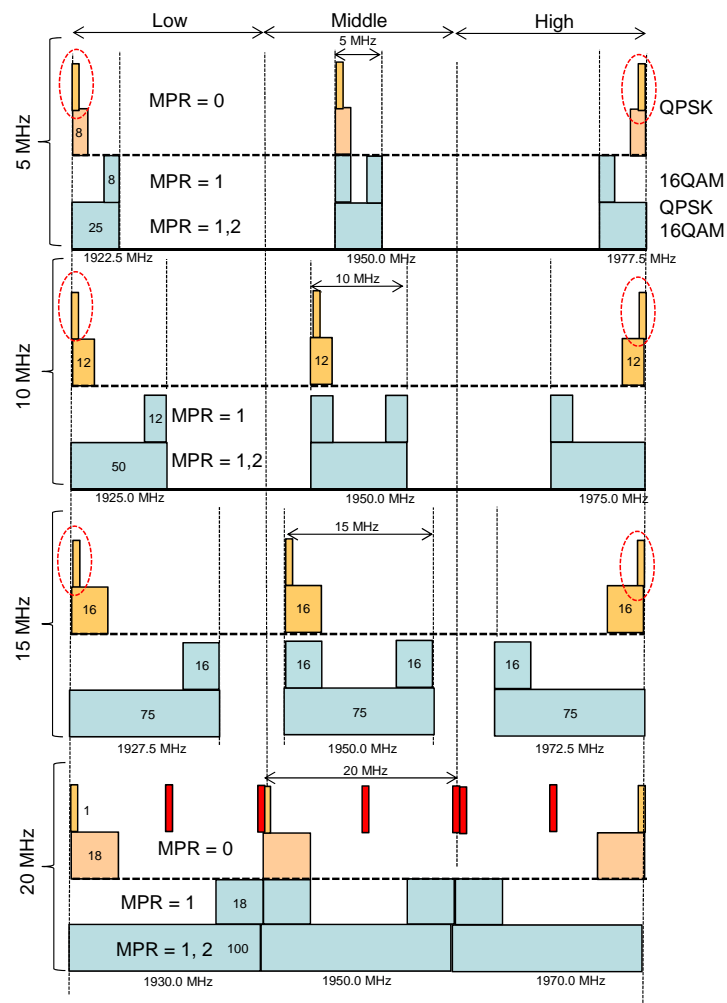



図１　測定条件の例（Band 1）

1.3 SAR 測定手順

本測定例は、3.2 測定の手順を元に LTE 対応送信機用に改変したものである。

(1)　SAR の測定を行う前に 1.2 記載の条件すべてについて RF 出力電力を測定する。

(2)RF 出力電力測定結果から、中心周波数付近で RF 出力電力の最大の設定条件（Middle P_{max}）を決定する。また、下限および上限周波数においても RF 出力電力最大の設定条件（Low P_{max} および High P_{max}）を決定する。この Middle P_{max} 、および Low P_{max}、High P_{max} は、それぞれ 3.2.1 一般条件に記載されている「各動作帯域の中央付近の周波数」、および「送信帯域の最大と最小の周波数」に相当する。

(3)　Middle P max の設定条件にてすべての設置条件について SAR を測り、SAR が最大となる

設置条件を決定する。

-人体側頭部であれば Right /Left および Touch/Tilt 等の条件を決定

-側頭部以外であれば Front/Back 等の条件を決定

(4)　(3)で決定した設置条件の 10 g SAR が閾値(SAR_{TH})1.2W/kg（許容値に対して-2.2dB）を超える場合は、閾値に対する割合βを計算する(β= 10g SAR / SAR_{TH})。RF 出力電力が Middle P_{max}/β以内である、中心周波数付近における他の設定条件でも SAR を測定する（図 2)。

注　-2.2 dB の意味；IEC における検討より、RF 出力電力と SAR には 25%のばらつき（95%信頼区間）があるので、そのばらつきを考慮した（図 3）

(5)　(3)で SAR を測定したすべての設置条件の内、SAR が最大となる設置条件と、10 g SAR が 1.0W/kg を超える設置条件については、設定条件 Low P max、High P max についても SAR の測定を行う。

(6)　(5)の SAR 測定結果において下限周波数における 10 g SAR が 1.2W/kg　（許容値に対して-2.2dB）を超える場合は、(4)と同様な計算で求まったβを用いて RF 出力電力が Low P max/β以内の下限周波数における他の設定条件で SAR を測定し、(5)の SAR 測定結果において上限周波数における 10 g SAR が 1.2 W/kg（許容値に対して-2.2dB)を超える場合は、RF 出力電力が High P max/β以内の上限周波数における他の設定条件で SAR を測定する。

(7) 以上の測定で得られた SAR 値の中で最も高い値をその帯域における SAR 値とする。

以上の条件を含む測定の基本手順のフローチャートを図 4 に示す。

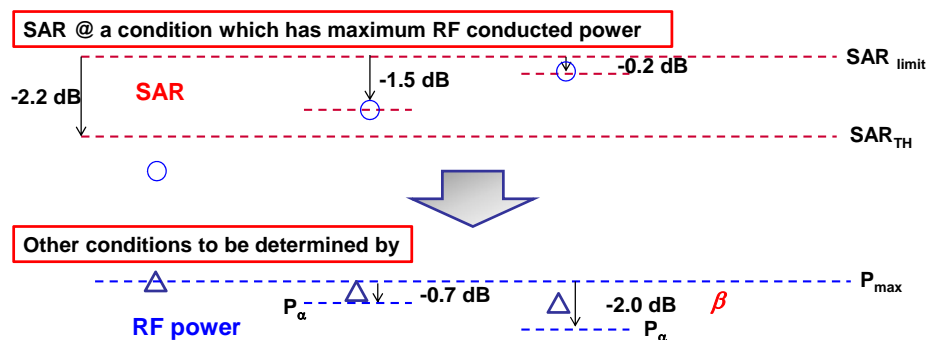
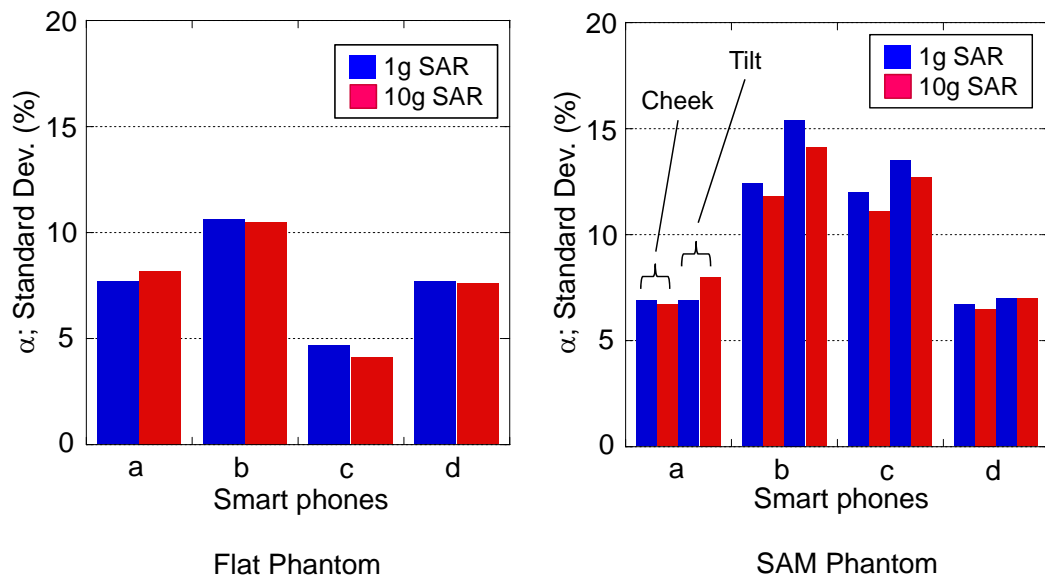



図 2　閾値を超えた場合の測定条件の考え方

$$\mathrm{SAR}(m) = \alpha(m) P_{cond}(m)$$

Flat Phantom

SAM Phantom

Total deviation (k = 2)

	% (1g)	% (10g)
Flat	14.8 (0.6 dB)	14.7 (0.6 dB)
SAM (Cheek)	19.8 (0.8 dB)	18.7 (0.8 dB)
SAM (Tilt)	22.7 (0.9 dB)	21.7 (0.9 dB)

図 3　RF 出力電力と SAR の関係

測定系のセットアップ

RF出力電力を測定し
被測定機の動作条件を設定

被測定機の設置

中心周波数近傍でSAR測定

設置条件は全て完了か？

未完了

完了

SAR値が最も高くなる被測定機の設置
条件を決定

1.2 W/kg以上か？

No

Yes

βに応じたRF出力電力を与える動作条
件でSARを測定

他の全ての周波数
（下限、上限周波数等）でSAR測定

1.2 W/kg以上か？

No

Yes

下限、上限周波数に対してβに応じたRF出
力電力を与える動作条件でSARを測定

許容値に対して-3dB以上にある
全ての条件完了か？

未完了

完了

被測定機の動作条件は
全て完了か？

未完了

完了

全ての測定値の中から局所最大SARを決定

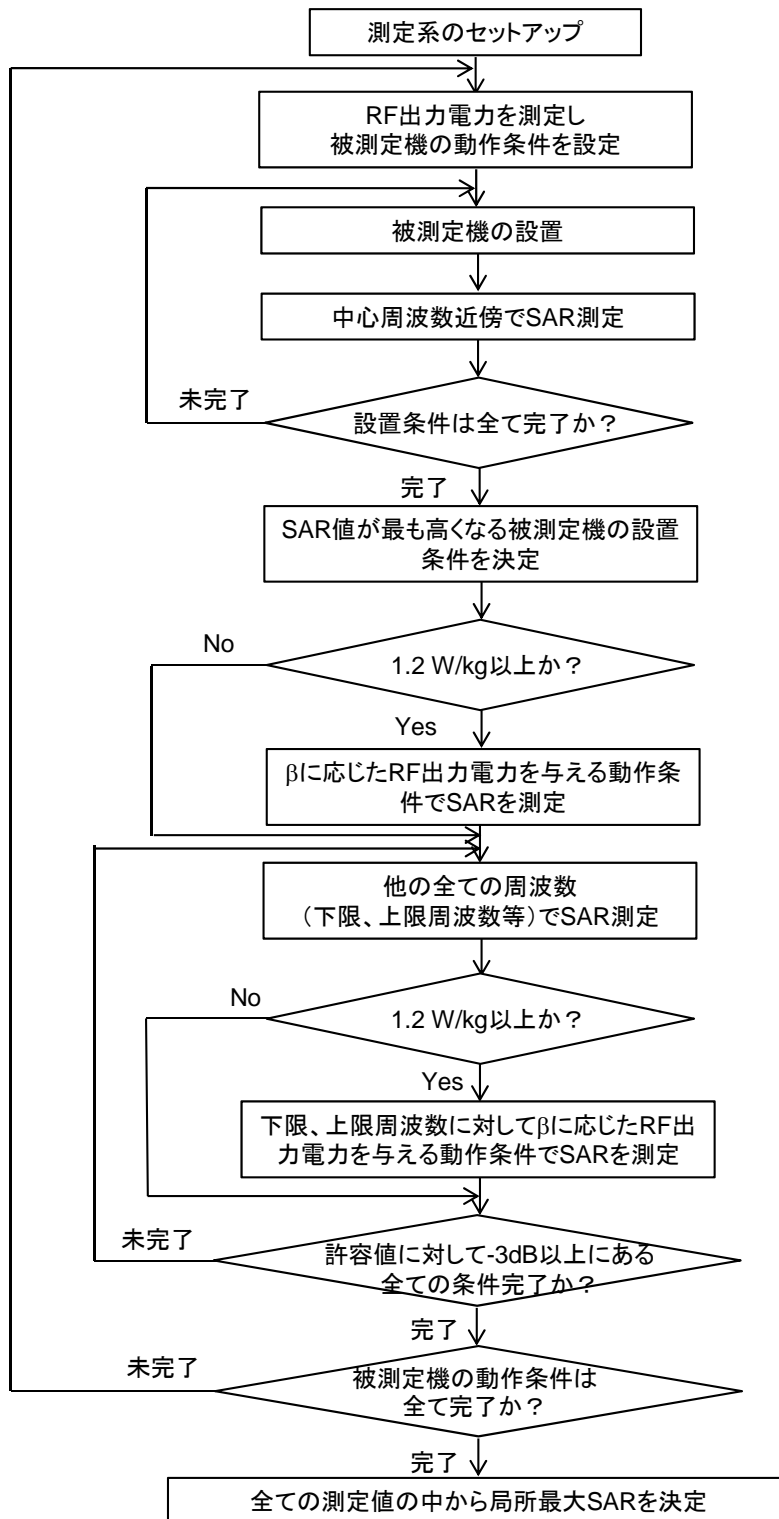



図 4　LTE 対応送信機測定の手順

参考資料７

時間平均電力の算出例

1.1 概要

無線機器の時間平均電力の算出例を示す。

時間平均電力:電波防護指針で規定されている平均時間 6 分間にわたって平均された電力をいう。

最大送信出力：通常の動作中の送信機から送信される最大出力をいう。

具体的な無線機器の平均電力については、表 1 を参照。

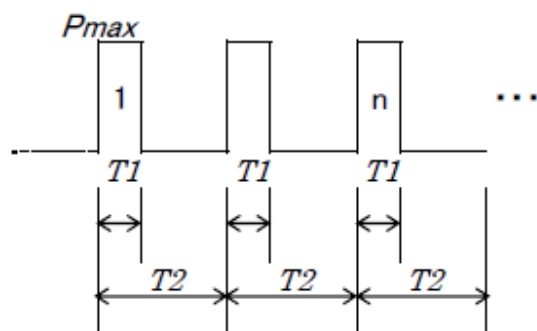
1.2 時間平均電力算出の考え方

・ハードウェア、ソフトウェアまたは通信プロトコルにより duty に制限がある場合は、被測定機が対応する 6 分間の最大 duty cycle とする。

・アプリケーションによりシステム上、通信時間が制限されバースト送信する場合は、システム上の最大通信時間を考慮した 6 分間平均とすることが出来る。

注：平均電力において帯域幅が指定されている場合(表 1 参照)、使用する全帯域幅で時間平均した値である。

1)連続して送信する時分割送信方式の時間平均電力の例

Pmax
1
n
・・・
T1 T1 T1
T2 T2 T2

$$P_{ave} = \frac{P_{max} \times n \times T_1}{T_2}$$

Pave： 時間平均電力

Pmax：最大送信出力

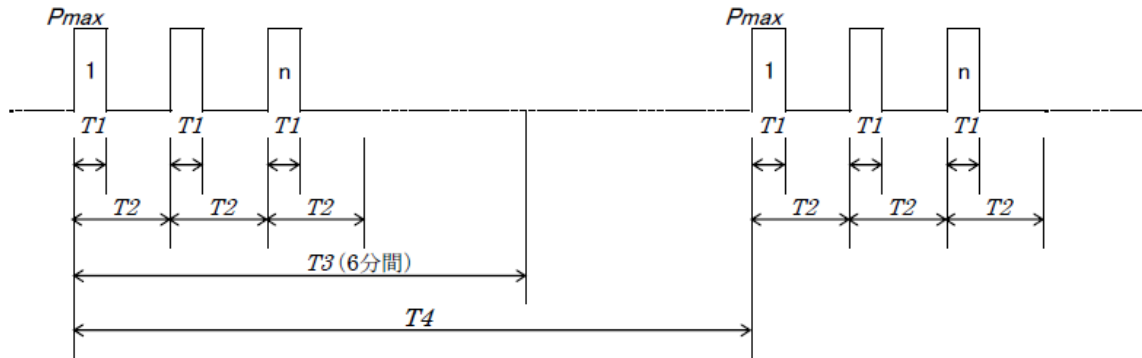
T1：送信時間

T2：時分割送信方式の繰返し周期、

但し、連続して送信する周波数分割送信方式の場合は、*T1*=*T2*、*n*=1 となる

n：周期内のチャネル数

duty cycle： *T1／T2* %

2）バースト送信する時分割通信方式の時間平均電力の例

$$P_{ave} = \frac{P_{max} \times n \times T_1}{T_3\ （6分間）}$$

Pave：時間平均電力

Pmax：最大送信出力

T1：送信時間

T2：時分割送信方式の繰返し周期

但し、連続送信する周波数分割送信方式の場合は、*T1*=*T2*、*n*=1 となる

T3：6 分間

T4：バースト送信時の繰返し周期（*T4*≧*T3*）

但し、繰返し周期がランダムな場合は最短周期とする。

$T4<T3$ の場合は次のバースト送信も含める必要がある。

n：周期内のチャネル数

duty cycle：*n*×*T1*／*T3*(6 分間）%

但し Push-to-talk 機器は 50%、*T1*=*T2*=3 分間、*n*=1

表１　無線機器の平均電力

無線機器	平均電力	無線設備規則
PHS	1チャネル当りの平均電力 × チャネル数	第49条の8の3
W-CDMA	最大送信出力 ×100% duty cycle	第49条の6の4 第49条の6の5
CDMA2000	最大送信出力 ×100% duty cycle	第49条の6の4 第49条の6の5
WLAN	帯域幅1Mzの平均電力 × 最大 duty cycle：時分割送信方式	第49条の20 第49条の20第2号 第49条の20第3号 第49条の20第4号 第49条の20第5号
WiMAX	最大送信出力 ×100% duty cycle：周波数分割送信方式 最大送信出力 × 最大 duty cycle：時分割送信方式	第49条の6の12 第49条の28
LTE	最大送信出力 ×100% duty cycle：周波数分割送信方式 最大送信出力 × 最大 duty cycle s ：時分割送信方式	第49条の6の9 第49条の6の10
AXGP	**最大送信出力 × 最大 duty cycle**(45%)：時分割送信方式 [1] [1]平成19年11月29日総務省告示第651号	第49条の29
Push-to-talk (PTT)機器	使用形態として、最大 duty cycle は50%とする。[2] 最大送信出力 ×50% duty cycle [2] IEC 62209-2	―

参考資料８

微弱電力除外レベルの算出

表 4.1 記載の除外レベル $P_{th,m}$ は非常に保守的な仮定の下に算出した値であり、実際人体に吸収される電力はその一部である。IEC 62479 Annex B では、数値解析等により得られた算出式により、より現実的な放射電力の制限値 $P_{th,m}$'を与えており、この $P_{th,m}$'よりもアンテナ電力が小さい無線機器は SAR の基本制限を超える放射を生じないとみなすことができる。

以下に IEC 62479 による除外レベル $P_{th,m}$ の緩和の方法を示すが、本方法の適用性や数式の詳細については、IEC62479 を参照のこと。

１　適用可能なアンテナの条件

本微弱電力除外レベルを適用可能な条件を下記に示す。

(1)周波数範囲：300 MHz～6 GHz

(2)発生源から人体までの距離：5 mm から 25 mm

(3)アンテナの種類：ダイポール、モノポール、平板逆 F、逆 F

ただし、半波長ダイポールアンテナよりも指向性が狭いアンテナの場合に適用してはならない。

２　計算式と手順

手順１：無線の中心周波数／帯域幅および人体との離隔距離の特定

対象となる無線機の送信における中心周波数 f[GHz]と帯域幅 BW[%]を特定する。SAR はアンテナの Q 値に依存するので、ひとつのアンテナで送受信を行う場合、BW はアンテナのカバーする周波数帯域として計算する。IEC62209-2 Annex B の表 B.1 の計算例では BW は割り当てられている周波数帯域全体の幅として計算している。IEC62479 では離隔距離 s[mm]は 15mm で計算することを推奨しているが、取り扱い説明書で離隔距離を規定している場合は、その離隔距離を使って計算してもよい。

手順２：係数（A、B、C、D）の算出

平均体組織質量にしたがって $P_{th,m}$'算出式の係数を計算する。

(1)　平均体組織質量が 10g の場合

$A=(-0.4588 f^3 +4.407 f^2 - 6.112 f +2.497)/100$　・・・(式 2.1a)

$B=(0.1160 f^3 -1.402 f^2 +3.504 f - 0.4367)/1000$　・・・(式 2.1b)

$C =(-0.1333 f^3 +11.89 f^2 -110.8f +301.4)/1000$　・・・(式 2.1c)

$D= -0.03540 f^3 +0.5023 f^2 - 2.297 f +6.104$　・・・(式 2.1d)

手順３：$P_{th,m}$'の算出

手順２の式 2.1a から式 2.1d で算出した係数 A、B、C、D を用いて次式により、$P_{th,m}$'を計算する。

$$P_{th,m}' = \exp[As + Bs^2 + C\ln(BW) + D] \quad [mW] \qquad \cdots (式 3)$$

３　計算例

表１に代表的な無線機器の微弱電力除外レベル $P_{th,m}$'の計算例を示す。また、図１に S[mm]をパラメータに、帯域幅 BW=5%の場合の $P_{th,m}$'の値を示した。

表１　代表的な無線機器の微弱電力除外レベルの計算例

例	中心周波数 *f* [GHz]	***BW*** %	2.0W/kg（10g 平均）に対する $P_{th,m}'$ [mW]		
			s = 5 mm	*s* = 15 mm	*s* = 25 mm
GSM	0.461	3.3	244	310	468
CDMA-2000	0.845	7.1	144	202	391
W-CDMA	0.860	7.0	140	198	386
MCA	0.883	7.4	137	194	384
GSM	0.925	7.6	129	185	375
GSM	1.795	9.5	50	101	308
W-CDMA	1.810	5.5	45	93	286
GSM	1.920	7.3	44	95	302
CDMA-2000	1.933	7.8	44	96	305
UMTS	2.045	12.2	44	100	330
802.11b/g	2.442	3.4	32	89	328
WiMAX	2.560	1.2	29	84	315
WiMAX	2.610	1.2	29	85	324
WiMAX	3.550	14.1	37	163	657
802.11a	5.438[*1]	10.6	56	320	793
WiMAX	5.250	3.8	53	314	845
WiMAX	5.788	1.3	52	272	564

*1　現在、日本において IEEE802.11a の使用帯域は 5.150～5.350GHz（屋内専用）と、5.470～5.727GHz（屋外使用可能）の二つの帯域からなる。本計算は両方の帯域をカバーすることを仮定して算出した。

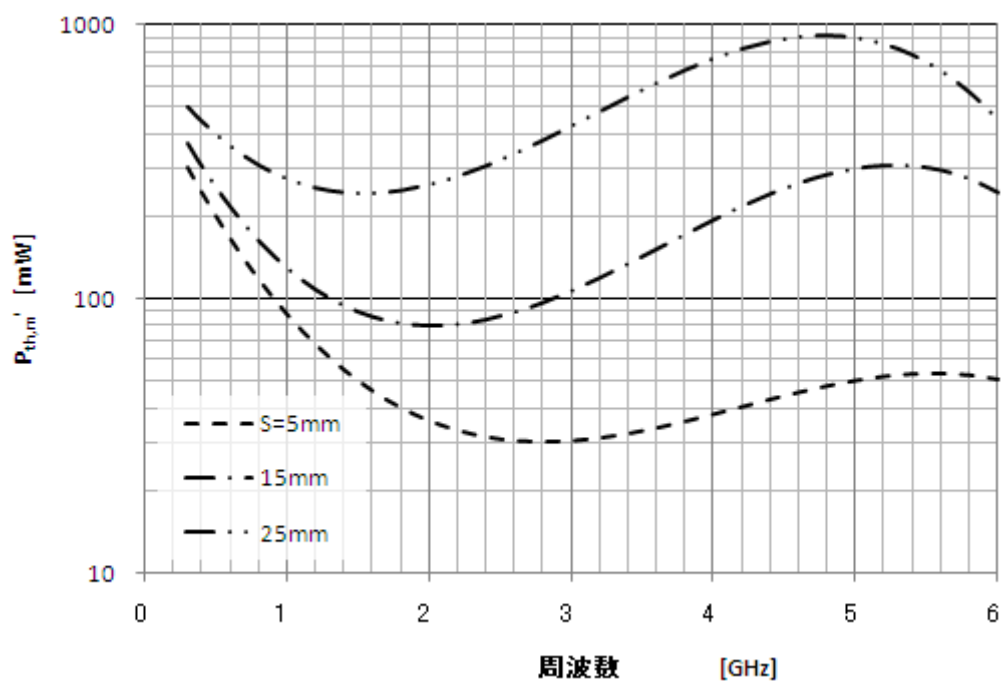



図１　微弱電力除外レベルの緩和値 $P_{th,m}$'（BW=5%）

４　微弱電力除外レベルを用いた測定数削減の例

IEC62209-2　Annex K に微弱電力除外レベルおよびその緩和値を用いた測定数の削減方法が示されている。下記の条件を用いて、本除外を例示する。

条件

対象装置は RF1、RF2、RF3 の３つの無線機を搭載しており、RF1 と RF2 の SAR は当該装置に内蔵した状態で SAR を測定しているものとする。

表 2

<table>
<tr><th rowspan="2"></th><th rowspan="2">無線機の仕様</th><th rowspan="2">SAR の値
[W/kg]</th><th colspan="2">除外レベル[mW]</th></tr>
<tr><th>$P_{th,m}$</th><th>$P_{th,m}$'</th></tr>
<tr><td>RF1</td><td>用途：広域通信用
1.8GHz　100mW　BW=3%</td><td>1.6</td><td rowspan="3">20</td><td>42</td></tr>
<tr><td>RF2</td><td>用途：無線 LAN
2.45GHz　40mW　BW=5%</td><td>0.3</td><td>34</td></tr>
<tr><td>RF3</td><td>用途：PAN
2.45GHz　5mW　BW=5%</td><td>実測なし</td><td>34</td></tr>
</table>

ケース１：RF1 と RF2 を排他的に使用し、RF3 との同時使用がある場合

RF1 を使用している場合に同時に使用する無線機に許容される放射電力 $P_{available,1}$ は

$$P_{available,1} = P_{th,m} \cdot \frac{SAR_{\lim} - SAR_1}{SAR_{\lim}}$$
$$= 20 \cdot \frac{2 - 1.6}{2}$$
$$= 4[mW]$$

同様に RF2 を使用している場合に同時に使用する無線機に許容される放射電力 $P_{available,2}$ は

$$P_{available,2} = P_{th,m} \cdot \frac{SAR_{\lim} - SAR_2}{SAR_{\lim}}$$
$$= 20 \cdot \frac{2 - 0.3}{2}$$
$$= 17[mW]$$

$P_{available,1}$＜（RF3 の出力）：RF1 と RF3 の同時送信の SAR を評価する必要あり。

$P_{available,2}$＞（RF3 の出力）：RF2 と RF3 の同時送信の SAR は評価不要。

微弱電力除外レベル $P_{th,m}$ の代わりに $P_{th,m}$'を用いて評価すると、RF1、RF2 を使用している場合に他の無線機に許容される放射電力 $P_{available,1/2}$'は

$P_{available,1}$'=6.8[mW]

$P_{available,2}$'=28.9[mW]

どちらの場合も RF3 の送信出力のほうが小さいので、RF1 や RF2 と RF3 の同時送信を評価する必要はない。

ケース２：RF1,RF2、RF3、すべての同時使用がある場合

RF3 に許容される送信出力 $P_{available}$ は

$$P_{available} = P_{th,m} \cdot \frac{SAR_{\lim} - \sum_{1}^{N-1} SAR_i}{SAR_{\lim}}$$
$$= 20 \cdot \frac{2 - 1.6 - 0.3}{2}$$
$$= 1[mW]$$

$P_{available}$＜（RF3 の出力）：RF1、RF2 と RF3 の同時送信の SAR を評価する必要がある。

参考資料９

高速 SAR 測定と測定例

1 高速 SAR 測定

高速 SAR 測定装置(同じハードウェア構成)で採用されている国際規格 IEEE 1528-2013 に規定されている高速 SAR 測定手順を示す。

1.1 高速 SAR 測定手順

高速 SAR 技術を使用するとき、以下の手順を適用する。この手順の例については国際規格 IEEE 1528-2013 の付属書を参照する。この手順を適用する前に、高速 SAR の簡易性能試験（付録 2）が実行されていることを確認する。簡易性能試験は高速 SAR 測定開始前 24 時間以内に実行し、被測定機の SAR 評価に使用するのと同じ SAR 測定システムで実行する。

a) 多くの試験条件の測定を実行する場合に、高速 SAR 法を使用する。試験は別々に N 個の異なった周波数帯と変調方式ごとに分類する。

b) 手順 a) で分類された各々N 個の周波数帯と変調方式に関して、高速 SAR 技術によって測定された最大 SAR 値 $SAR_{i,max,fast}$ (i=1～N) を有する試験条件を見つける。
b) にて確認された N 個の各々の試験条件を測定するため、完全な SAR 法(第 3 章 3.2 測定)を使用する：$SAR_{i,max,full}$。N 個の分類の中で、最大値 $SAR_{max,full}$＝max($SAR_{i,max,full}$) を選択する。

c) a) で分類された N 個の周波数帯と変調方式から、b) の $SAR_{max,full}$ に一致する i 番目の分類を選択する。i 番目のグループで、もし式(1)の条件が満たされるなら、他の全ての試験条件(j=1～M 、但し M は i 番目グループの試験条件の数である)を測定するため、完全な SAR 法(第 3 章 3.2 測定)を使用する。

$$SAR_{i,j,fast} \geq SAR_{i,\max,fast} \times \left(B_{i,fast} - \sqrt{B_{i,fast}{}^{2} - 1} \right) \qquad (1)$$

$B_{i,fast}$ は式(2)に従って、計算される。

$$B_{i,fast} = \frac{1}{1 - \left(1.64\, U_{i,fast}\right)^2} \qquad (2)$$

式(2)中の $U_{i,fast}$ は、IEEE1528:2013 の付属書 E：E.8 に従った高速 SAR 測定の測定不確かさであり、IEEE 1528-2013 の付属書 E:表 E.12 の不確かさ見積りの標準不確かさ(k=1)に対応する。

d) 完全な SAR 測定で測定された測定値 $SAR_{i,j,full}$ から、最も高い値 $SAR_{highest,full}$ = max($SAR_{i,j,full}$)

を選択する。評価された全てのN個の異なった周波数帯と変調方式で、それにはi番目グループにおける全ての試験条件を含む。

e) c)に従って評価されていない周波数帯と変調方式(i=1～N)の各i番目グループに、c)の評価が必要であるかどうかを決定するために、式(3)のしきい値を使用する。

$$SAR_{i,\max,full} \geq SAR_{highest,full} \times \left(B_i - \sqrt{B_i^2 - 1} \right) \quad (3)$$

$SAR_{i,max,full}$がb)で測定され、$SAR_{highest,full}$がd)で決定されると、Biは式(4)により算出される。

$$B_i = \frac{1}{1 - \left(1.64 \sqrt{U_{i,fast}^2 + U_{i,full}^2} \right)^2} \quad (4)$$

$U_{i,full}$はIEEE 1528-2013の付属書Eに従った完全なSAR測定に適切な測定不確かさで、標準の不確かさ(k=1)に対応する。式(3)が満たされているなら、c)は試験条件のi番目グループに適用すること。

f) この標準規格、または国家規格で試験の対象除外になっていない他の試験構成、およびa)で高速SAR法により試験していない他の試験構成にも、完全なSAR法を使用する。これは、1.2項の手順を用いることにより、第3章3.2.1一般条件(5)の要求が適切な周波数帯を挟んで、全ての必要な周波数を試験して規格を満たしていることを確証することを含む。

1.2 必要な周波数における高速SAR試験

1.1項の高速SAR手順が適用されている場合、第3章3.2測定で要求された全ての周波数が試験されたかどうか確証するための手順は、以下のステップを適用する。

1) 送信周波数帯の中心に最も近いチャンネルで高速SAR測定を実行し、利用可能な周波数帯に渡って試験が行われていない全ての試験条件を特定する。

2) 1)で確認された全ての試験条件を、周波数帯または変調方式に係らず、一緒にグループ化する。比率$R_k=SAR_{k,fast}/SAR_{limit}$に従って、降順に並べる（但し、$SAR_{limit}$はその試験条件に適用可能なSAR許容値である）。

3) k =1,2,3等の順で、2)で特定されたそれぞれの試験条件で、完全なSAR測定(第3章3.2.1一般条件(5)に従って)を実行する。(この測定がまだ行われていない場合)測定されたk番目の試験構成は式(5)の条件を満たす:

$$SAR_{k.fast} \geq R_{\min} \times \frac{SAR_{limit}}{2} \times \left(B_{fast} - \sqrt{B_{fast}{}^{2} - 1} \right) \tag{5}$$

但し

R_{min} は、全ての有効な高速 SAR 測定値と対応する完全な SAR 測定値との比の最小値である。R_{min} = min{ $SAR_{k,fast}/SAR_{k,full}$ }

B_{fast} は式(2)に従って算出される。比率 R_{min} が無いなら、R_{min} = 0 であると仮定する。

4) SAR_{full} が、3) で適用可能な SAR 許容値の 3dB 以内にある全ての試験構成に対して、第 3 章 3.2.1 一般条件で要求された全ての試験周波数で SAR を測定する。この目的のために、高速 SAR 法または完全な SAR 法のどちらを使用しても良い。

5) ステップ 4)で高速 SAR 法を使用する場合、完全な SAR 測定がそれらの試験構成に必要であるかどうか確認するために、1.1 項の e)を適用する。

2 高速 SAR 測定例

高速 SAR 測定法の測定装置として、標準 SAR 測定装置と同じハードウェア構成の測定装置、異なるハードウェア構成の測定装置を使用し測定した結果を以下に示す。

高速 SAR 測定手順は、1.1 高速 SAR 測定手順を使用していいる。

2.1 高速 SAR 測定装置

1) 高速 SAR 測定装置(同じハードウェア構成)
   - 標準 SAR 測定装置を使用し粗い走査を実施
   - 得られた SAR 分布より特定のアルゴリズムを用いて 3 次元分布を算出し、最大局所 SAR を決定

2) 高速 SAR 測定装置(異なるハードウェア構成)
   - 固定の複数プローブ、半固体ファントムなどで構成させる装置を用い、2 次元 SAR 分布を測定
   - 得られた SAR 分布より、特定のアルゴリズムを用いて 3 次元分布を算出し、最大局所 SAR を決定

2.2 被測定機と測定条件

- タブレッド型携帯電話機
- 周波数帯：800MHz,1.7GHz,2GHz
- 人体側頭部　位置：左右頬,左右傾斜,最大位置　アンテナ状態：開・閉
- 身体装着　位置：表・裏,最大位置　離隔距離：1.5cm　アンテナ状態：閉

2.3　測定内容

・人体側頭部：標準 SAR 測定、高速 SAR 測定 (同じ/異なるハードウェア構成)

・身体装着：標準 SAR 測定、高速 SAR 測定(同じ/異なるハードウェア構成)

2.4　測定結果

・標準 SAR 測定装置と 2 種類の高速 SAR 測定装置による測定結果を示す。

・2 種類の高速 SAR 測定装置の測定時間は、標準 SAR 測定装置と比較して測定時間に対して大きな改善効果があることが判った。

表１　測定時間の比較

測定手段		測定時間	短縮率
人体側頭部	標準SAR測定のみ	Ts：612分	
	高速SAR測定(同じハードウェア構成)によるスクリーニング＋標準SAR測定	Tfsh：407分	Tfsh/Ts＝66.5%
	高速SAR測定（異なるハードウェア構成)によるスクリーニング＋標準SAR測定	Tfdh：223分	Tfdh/Ts＝36.4%
身体装着	標準SAR測定のみ	Ts：204分	
	高速SAR測定(同じハードウェア構成)によるスクリーニング＋標準SAR測定	Tfsh：232分	Tfsh/Ts＝113.7%
	高速SAR測定（異なるハードウェア構成)によるスクリーニング＋標準SAR測定	Tfdh：148分	Tfdh/Ts＝ 72.5%

備考）拡張不確かさとして、標準 SAR 測定装置、高速 SAR 測定装置（同じハード／異なるハード）についてそれぞれ、27.8%, 21.5%, 21.2%とした。

参考文献

IEEE, “IEEE recommended practice for determining the peak spatial-average Specific Absorption Rate (SAR) in the human head from wireless communications devices: measurement techniques,” IEEE standard coordinating committee 39, Std. 1528, Sept. 2013.

参考資料１１

その他の測定法（本規格第１版抜粋）

その他の SAR 測定法として、サーモグラフィを用いる方法と固体ファントムを用いる方法を示す。サーモグラフィを用いる方法は、ばく露レベルを高くする必要があるため、実際の携帯電話機を用いた測定はできないが、高出力の送信機を用いれば高精度の測定が可能である。固体ファントムを用いる方法は、簡易で安定した測定が可能である。但し、これらの測定法は、標準測定法との誤差を比較した誤差解析等を行っていない。

1.　サーモグラフィを用いる SAR 測定法

1.1　SAR と温度上昇

2.1(2)で説明しているように、サーモグラフィによる SAR 測定法では SAR はファントム断面上の温度分布測定値から導出する。すなわち、均一ファントムにおいて比熱を c［$J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$］、温度上昇をΔT［K］、ファントムが電波に照射された時間をΔt［s］とすれば、SAR は近似的に次式で求められる：

$$SAR = c\,(\Delta T/\Delta t) \qquad [w/kg] \qquad (1)$$

但し、式(1)は、熱伝導もしくは熱拡散によって生ずる温度変化を無視することにより求めている。式(1)を用いて SAR 値を精度よく推定するためには、サーモグラフィ測定での温度上昇を数℃以上かつ、照射時間を数十秒から 1 分程度とすることが望ましい[1],[2]。このような条件を達成するためには、発射電力（時間平均値）として、100W 程度以上が必要となる。一方、実際の携帯電話は、システムによって変調方式や無線アクセス方式（FDMA か TDMA か等）が異なり、送信出力制御機能により発射電力が時間的に変化する。例えば PDC 用携帯電話の場合には、平均送信電力は約 3mW から 300mW 程度までの幅で変化する。SAR は、平均送信電力の最大値である約 300mW 動作時で評価することが必要であるが、測定を可能とする 100W よりはるかに低く携帯電話実機による測定はできない。このため 100W 以上の送信電力を有する特殊な模擬携帯電話を構成することが必要である。但し、温度上昇のみが関係するので、変調をかける必要はなく連続波が使用できる。

1.2　測定系の構成

測定系の基本構成を図 1.2-1 に示す。各構成要素に必要な条件は次のとおりである。

(1)　模擬携帯電話

携帯電話本体の形状及び材料の電気特性並びにアンテナ構造が、評価しようとする携帯電話に近似していること。またアンテナ許容入力が連続波で 100W 以上であってかつ、一分程度連続してそのような高電力を入力してもその発熱による、アンテナや携帯電話本体における温度上昇が

1℃程度以下であること。

（電波暗室）
高耐入力アンテナ
模擬携帯電話
固体ファントム
又は
ジェリーファントム頭部モデル（分割できる構造）
高出力増幅器
（出力 100W 以上）
すえ付け用
治具
（強化グラスファイバ等）
サーモグラフィック
カメラ
マイクロ波
信号発生器
（シンセサイザ）
記録装置

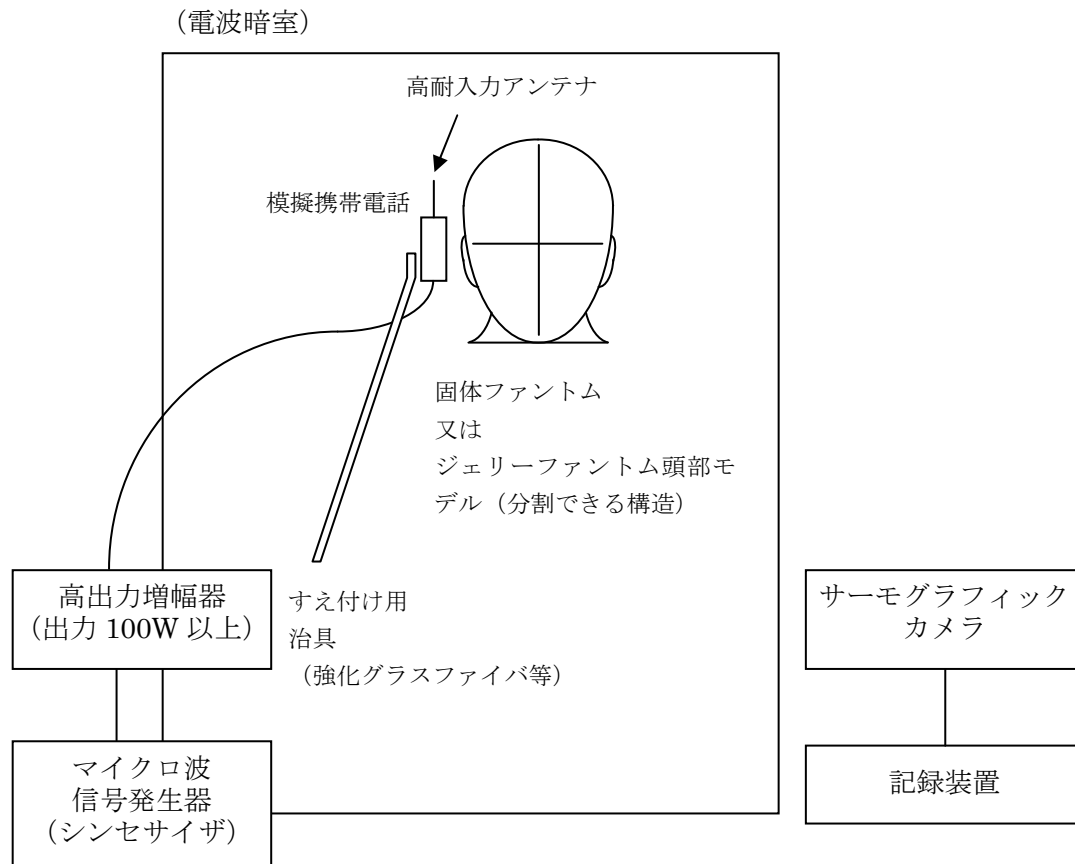



図 1.2-1　サーモグラフィを用いる SAR 測定系の基本構成

(2)　ファントム

形状が人体頭部を模擬したものであって、頭部内部の温度上昇分布を測定できるように、その断面において分割できる構造であること。ファントム材料として、半固体（ジェリー）もしくは固体（セラミック等）を用いることができる。半固体の場合には、通常頭部外形を模擬する容器と分割面でのファントム材の漏出を防ぐための薄い隔壁が必要であり、材料として絹布等が用いられている[2],[3]。

固体ファントムは隔壁を必要とせず、ファントム表面での SAR 測定が可能であり、また経時変化もないため本測定法に用いるファントムとして大変適している。[4]

(3)　サーモグラフィックカメラ

2.4.2 に記述されているようなカメラを用いればよい。

1.3　測定手順

まず、室温でのファントム表面及び断面の温度分布をサーモグラフィで測定し、均一温度となっ

ていることを確認する。次に、ファントムと携帯電話の位置関係を SAR 評価を必要とする所定の状態に設定する。所定の状態は、マイクとスピーカがそれぞれファントムの口と耳に接近するような、通常の携帯電話を使用する状況を意味する。この際にファントムの分割面に局所 SAR の最大値が位置するように設定することが必要である。

模擬携帯電話アンテナから出力 P[W]の連続波をファントムに照射する。電波の熱作用のため、ファントム上には温度分布が生じる。モデル内及びモデル表面の各点での温度上昇ΔT は、その点で吸収されたエネルギーに比例し、従って、SAR 値が大きい点ほど温度上昇ΔT は大きくなる。観測可能な温度分布が生じるまでの時間（1 分以下の時間Δt が望ましい)、電波を照射し続ける。

電波を照射した後、携帯電話が電波の発射を停止したことを確認し、ファントムを素早く分割してサーモグラフィックカメラの前に位置させ、内部断面の温度分布を測定する。この測定データを室温で測定したファントムの温度分布、もしくは温度上昇の生じていない部分の温度と比較すれば温度上昇ΔT が求まる。ΔT が求まれば SAR 値は式(1)によって導出できる。このとき測定画面上で読み取られる温度上昇の最大値は、1 画素面内の平均値であるから、画素の一辺の長さに対応する実際の測定対象上での長さが$(10)^{1/3}$＝2.15cm 以下であれば、10g の組織での SAR の平均値を代数計算で容易に求めることができる。

こうして求めた SAR 値を X とすれば、この値は P［W］入力でのものであるから、実際の携帯電話出力 p[W]での SAR 値に換算するには、単純に X を p/P 倍すればよい。

1.4　測定誤差

本方法における誤差の発生要因と推定誤差は次の通りである。

(1)　模擬携帯電話使用による誤差

アンテナ及び携帯電話本体の形状と材料の電気特性を実機と同様とすれば、近傍電磁界分布についての実機と模擬機との違いは無視できる。またアンテナのインピーダンス整合については、模擬機では高入力に耐えられるように狭帯域チューニングをよくとる必要があるが、実機及び模擬機の VSWR がそれぞれ 1.2 及び 1.05 程度としてもアンテナでの電力損失の差は高々1%であるから、狭帯域チューニングによって発生する誤差は同様に無視できる。

(2)　温度分布測定における誤差

ファントムにおける熱拡散により誤差が生ずる。実験的検討により電波照射及び照射後の温度測定までの時間が共に 1 分以内であれば、ファントム表面以外の部分での熱拡散による影響は無視できる。1GHz から 2GHz を利用する携帯電話電波の頭部ばく露では、携帯電話に接する側のファントム表面に局所 SAR の最大点が分布し、微小体積要素当りのその値は、熱拡散の影響により真値に対して約 20%低下する。しかし図 1.4-1 から分かるように、SAR 値が低下する領域はファントム表面からの深さが数 mm 以内の部分に限定されるので、2.15cm までの深さまでの平

均化を行う場合、即ち10g平均値を求める場合には、この低下分による誤差は数%以内となるから無視できる。

この他電力計やサーモグラフィ等の測定機の各種誤差も厳密には検討する必要があるが、これらは個々に補正すればよい。

図 1.4-1　頭部モデルの断面及び表面での温度分布測定例
（固体ファントムの耳の横で900MHz帯100Wの電波をダイポールアンテナで照射し、ファントム内部と外側の温度上昇を測定した例。）

測定上の注意点

(1) 100～200Wの高電力電波を発射するため､照射は無人の電波暗室で行わなければならない。

(2) 固体ファントムを用いる場合には表面の温度分布から、局所SARの最大値を容易に求められる。ジェリーファントムを用いる場合には、容器が存在するために表面温度分布測定ができない。このため、局所SARの最大値が生ずる箇所を電界測定等によりあらかじめ求めておき、ファントム分割面がその箇所と一致するように照射位置を設定する必要がある。

電波照射後、サーモグラフィで温度測定を行うが、温度測定に取りかかるまでの時間に、ファントムの温度分布のピーク値は、熱拡散のため降下する。温度測定はできるだけ速やかに行うことが必要である。

2.　固体ファントムと電界プローブを用いるSAR測定法

2.1　測定の原理（電界分布とSAR）

固体ファントムと電界プローブによるSAR測定法では、頭部モデルの耳のつけね付近に電界プローブを固定し、携帯電話の位置を様々にずらした状態で電界強度を測定しSARのピーク値を推定する。

一般的に、電波に照射される生体組織内の任意の点（x、y、z）におけるSARは、電界強度の実効値｜E（x、y、z）｜[V/m]、導電率σ（x、y、z）[S/m]、および密度ρ（x、y、z）[kg/m^3]を用いて

$$SAR(x,y,z) = \frac{\sigma(x,y,z)\left| E(x,y,z)\right|^2}{\rho(x,y,z)} \quad \text{[W/kg]}$$

で表わされる。携帯電話を人体近傍で用いる場合、その携帯電話により誘導される頭部内の電磁界分布は、頭部の表面の形状による境界条件と、頭部内の媒質定数、すなわち、比誘電率 ε_r (x、y、z)、導電率 σ （x、y、z)、透磁率 μ （x、y、z）の分布により定まる。従って、携帯電話使用時の頭部内 SAR を推定するには、人体頭部の形状を平均的な意味で模擬した均一ファントムの頭部モデルを用いて実際の携帯電話使用状態を再現し、その頭部モデル内部での電界強度分布を測定できればよい。

固体ファントムは固体であるため、内部電磁界分布全体を測定するかわりに大多数の携帯電話の通常の使用状態で SAR のピーク値が現われる耳のつけね付近にプローブを固定し、その上でさらに携帯電話の位置を動かして SAR のピーク値を検出する[5]。

2.2　測定系の構成

測定系の構成を図 2.2-1 に示す。各構成要素に必要な条件は次の通りである。

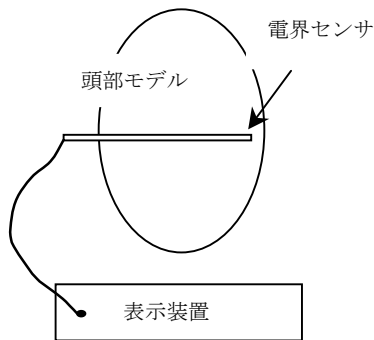



図 2.2-1　測定系の構成

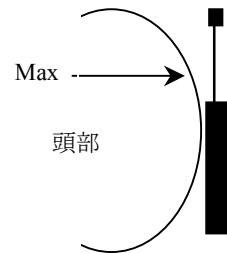



図 2.2-2　携帯電話の位置を固定

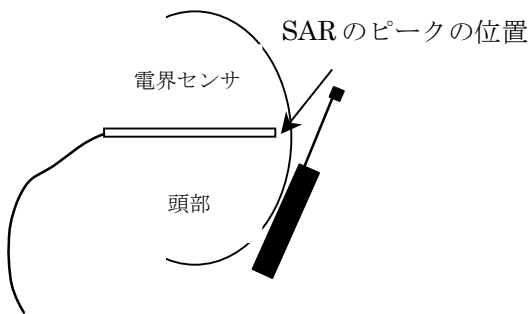



図 2.2-3　携帯電話の位置をずらす

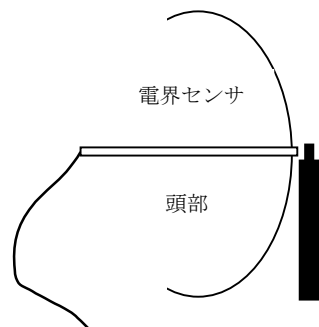



図 2.2-4　近傍界の直接測定となる典型的な例

(1) ファントム

人体頭部の形状を平均的な意味で模擬したものであること。すなわち、主な曲率、長さなどが人体頭部の平均的な値となること。ファントムの媒質定数は、人体頭部の媒質定数の平均値に近い値をとること。

(2) 電界プローブ

電界プローブは4mm前後の3軸等方性の微小ダイポールで構成されるものとする。4mm以下であれば、0.01cm³以下の空間分解能を持つため、組織の1g平均、10g平均でのSAR値を推定することが可能である。

2.3 測定手順

この測定装置では、携帯電話の位置を動かすことにより SAR のピーク値を検出する。本来、測定すべき値は、携帯電話使用位置を固定した状態での頭部内SAR分布のピーク値である(図3.3-2)。これに対して、携帯電話の位置を動かせばピークの位置を移動させることができ、ピークの位置とプローブの位置をほぼ一致させることが可能である（図3.3-3)。この方法によりピークの値を推定する。

3.3.4 較正法と測定誤差

(1) 較正法

本測定装置の較正はサーモグラフィによる SAR の測定に基づいて行う。較正には標準ダイポールアンテナ、または、携帯実機の場合にはその高出力モデルを用いる。アンテナへの入力電力を100Wとして得られたSAR値を100で割り、1W入力時のSAR値に正規化する。次に、この標準ダイポールアンテナまたは携帯電話に形状が近似した高出力モデルを用いて、アンテナ入力電力を1W とし、固体ファントムと電界プローブを用いた電界強度測定を行う。ここで、測定された電界強度の実効値を |E| とおく。サーモグラフィにより得られた正規化されたSAR値をXとするとき、この値に基づいて、較正係数Cは、

$$C = \frac{X}{|E|^2}$$

により導出される。この較正係数を用いて固体ファントムと電界プローブを用いた SAR 測定を行う場合、測定された電界強度 |E| に基づきSARは、

$$SAR = C \times |E|^2$$

で求められる。

(2) 測定誤差

較正法として、サーモグラフィに基づいた方法を用いているため、測定誤差はサーモグラフィを用いた方法による誤差に準ずることになる。サーモグラフィによる SAR 測定の誤差に較正係数導出時の誤差が加算されることになる。

2.5 測定上の注意点

(1) SAR のピーク値が現われる位置は頭部モデルの表面となるのだが、電界プローブを頭部モデルの表面に固定すると、SAR（頭部内の電界）ではなく、携帯電話の近傍電磁界を直接測定することになる。電界プローブと携帯電話の輻射部の電磁界結合が強くなると正確な SAR 測定ができない。図 3.3-4 はその典型的な状態を表わす。そこで、電界プローブを固定する位置は頭部モデル表面から 1～2cm 内側とし、較正係数によって、表面付近の SAR 値を測定できるようにする。

(2) 測定される SAR 値は、頭部モデルと携帯電話の相対的な位置関係に強く依存する。測定値の再現性を確保するには、携帯電話の位置を写真等で記録する必要がある。

(3) 固体ファントムの媒質定数は、周波数に依存し単一のモデルで人体の電気的特性と模擬できる帯域幅は限られている。従って、測定すべき周波数に複素誘電率が良く近似した頭部モデルを用意する必要がある。

参考文献

[1] Kuster N, Kaestle R, Schmid T, “Dosimetric evaluation of handheld mobile communications equipment with known precision”, IEICE Trans. Commun, vol. E80-B, no. 5, pp.645-652, 1997.

[2] Guy AW, Chou C, “Specific absorption rates of energy in man models exposed to cellular UHF mobile antenna fields”, IEEE Trans. on MTT, vol. MTT-34, pp.671-680, 1986.

[3] Nojima T, Nishiki S, and Kobayashi T, “An experimental SAR estimation of human head exposure to UHF near fields using dry-phantom models and a thermograph”, IEICE Trans. COMMUN., vol. E77-B, no. 6, pp.708-713, 1994.

[4] Tamura H, Ishikawa Y, Kobayashi T, Nojima T, “A dry phantom material composed of ceramic and graphite powder”, IEEE Trans. on EMC, vol. 39, no. 2, pp.132-137, 1997.

[5] 鈴木、垂澤、野島、“定点測定法による SAR ピーク値の検出”、電子情報通信学会 1997 年通信ソサィティ大会、B-4-32.

参考資料１２

その他の測定法（外部磁界を用いた推定法）

1. 原理

標準測定法では、SAR はファントム内部の電界とファントム溶液の導電率により定義されている。しかし、ファントム内部表面の SAR は表面の磁界強度 Hs および比例係数αを用いると(1)式のような関係が成り立つ。

$SAR = \alpha H_s^2$ (1)

(1)式を用い、基準機とするセットの自由空間の磁界測定と標準測定法でのエリアスキャン測定によるファントム内部表面の SAR 分布から比例係数αを導出する。このαを用いて、他のセットの自由空間磁界測定をすることにより、ファントム内部表面の SAR 分布を推定する。一方で、標準測定法におけるズームスキャンのデータを活用し、ファントムの深さ方向の減衰を推定する。推定した SAR 分布および深さ方向の減衰により平均 SAR を推定することが出来る。

測定機種の基準セットを決定

↓

標準測定法にて SAR 値が最大となる測定ポジションでの SAR を測定する

↓（左）

自由空間での近傍磁界分布(H_{ref})を測定する

↓

標準測定法における SAR 分布：SAR_{ref}と
磁界分布：H_{ref}によりα分布を算出する
（$\alpha = SAR_{ref} / H_{ref}$）

↓（右）

標準測定法におけるズームスキャンデータによりファントム深さ方向の減衰を推定(C_0～C_4を決定)
$SAR(z) = C_4Z^4+C_3Z^3+C_2Z^2+C_1Z+C_0$

↓（左右合流）

測定するセットの磁界分布:H_mを測定し、
αを乗じて SAR 分布を求める

↓

平均 SAR を算出する

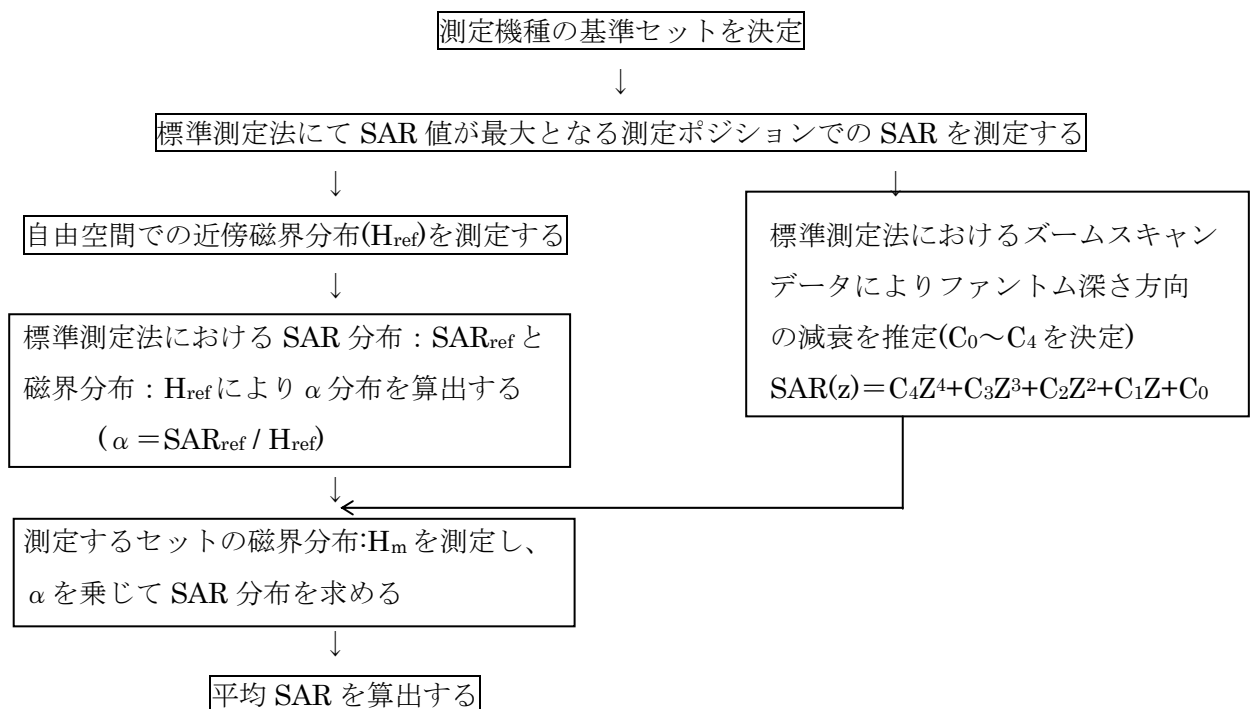



図１　SAR 推定フロー

2. SAR の推定

2.1　SAR 分布の推定

図 2(a)に示すように、まず基準セットについて自由空間の磁界分布 $H_{ref}(x,y)$を測定する。ここで磁界測定面を XY 面とする。次に図 2(b)に示すように標準測定法におけるエリアスキャンによりファントム内部表面の SAR 分布 $SAR_{ref}(x,y)$を測定する。

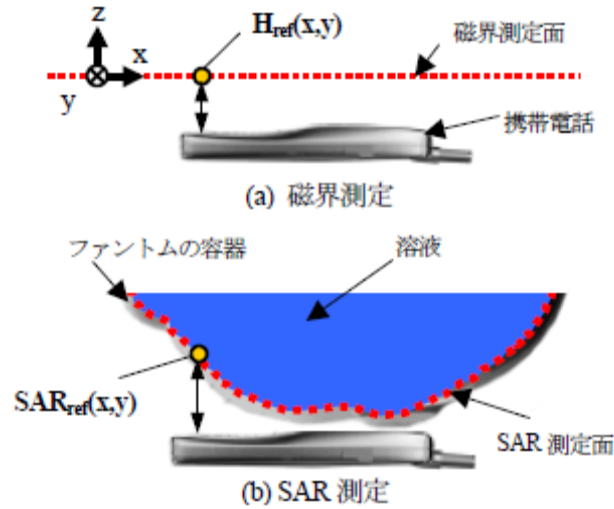



図 2　比例係数 α 導出のための測定

上記、$H_{ref}(x,y)$、$SAR_{ref}(x,y)$により下記の式を用いて測定点毎の α を算出する。

$$\alpha(x,y)=\frac{SAR_{ref}(x,y)}{H_{ref}^{2}(x,y)} \quad (2)$$

この α (x,y)を用いて、他のセットの自由空間磁界 $H_m(x,y)$を測定することで SAR 分布を下記の式を用いて推定することが出来る。

$$SAR_{cal}(x,y)=\alpha(x,y)H_m^{2}(x,y) \quad (3)$$

注）(1)式では α は定数であるが、(2)、(3)式ではファントムと測定セットとの距離が一定ではないため、測定座標の関数となる。

2.2　平均 SAR の推定

2.1 項で求めたファントム内部表面の SAR 分布：$SAR_{cal}(X,Y)$を求めた後、SAR 分布の最大値を中心とした立法体の SAR を推定する。SAR のファントム深さ方向（図 3 における Z 軸の方向）の推定は、標準測定法におけるズームスキャンデータを用い、IEC 規格等に記載されている 4 次の最小自乗法近似により(4)式の C_0～C_4 を決定することで行う。

$$SAR(z)=C_4Z^4+C_3Z^3+C_2Z^2+C_1Z+C_0 \quad (4)$$

(3)式および(4)式により、立法体各点の SAR を推定する。(図 3 参照)

単位体積あたりの平均 SAR は以下の式で算出する。

$$SAR_{avrage}=\frac{1}{M_xM_yM_z}\sum_{i=1}^{M_x}\sum_{i=1}^{M_y}\sum_{i=1}^{M_z}SAR(x_i,y_i,z_i) \quad (5)$$

M_x、M_y、M_z は 1g または 10g に相当する体積内に含まれる xyz 方向の計算点数である。

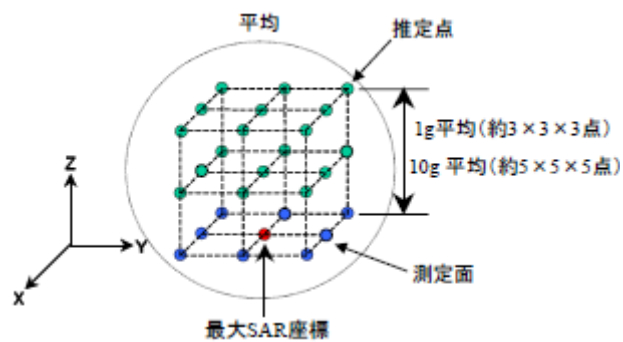



図３　平均 SAR 値の推定概略図

ここで、例えば 5mm 間隔で磁界分布を測定し、深さ方向を 5mm 間隔で推定した場合、1g 平均は 3×3× 3 ＝27 点、10g 平均は 5×5×5＝125 点の SAR 値を平均することで、平均 SAR を推定することが可能である。

3.　測定システム

図 4 に測定システムの例を示す。

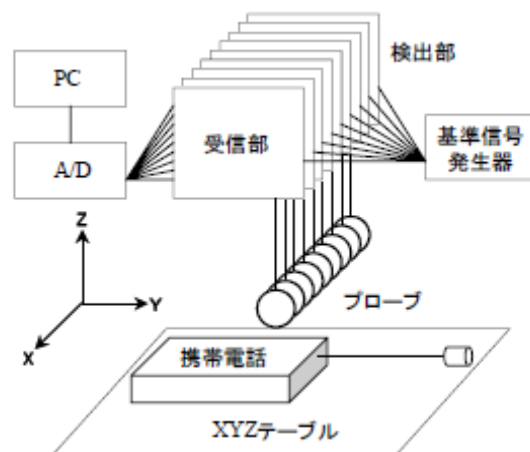



図 4　磁界分布測定システムの例

システムにおける必要な条件は以下の通り。

(1)　磁界プローブ

・　磁界成分のみ正しく検出できること。また、磁界の 3 直交成分を正しく検出できること。
　　上記条件を満たすには以下のことが挙げられる。
　　磁界成分以外を検出しない微小ループアンテナ(例えばシールデッドループ)を用いる。
　　各軸成分を測定するループアンテナ同士の干渉を防ぐ配置にする。

・　等方性は 3dB 以下であること。

・　空間分解能は 5mm 以下であること。

(2)　システム

・ バースト送信に関しては、最低 1 周期分の検出信号をピークホールドできること。
・ 検出信号の周波数を任意に設定できること。
・ 各軸の測定中心が一致するように、ループアンテナのスキャン座標を工夫する。

4. 測定手順

図 4 の測定システムでは XYZ テーブルを移動させることにより、測定するセットの上 5mm の磁界分布を測定する。

測定した磁界分布より 2 項に示した推定手順により平均 SAR 値を推定する。

測定上の注意

基準セットでの標準測定法におけるエリアスキャンの SAR 分布結果を元に SAR 値を推定するので、非測定セットに対するエリアスキャン時のグリッドと磁界分布測定時のグリッドを一致させる必要がある。

参考文献

[1] 尾崎晃弘,梶原正一,山本温,小川晃一,小柳芳雄, 斎藤裕, "自由空間の近傍磁界による高速 SAR 推定方法,"信学技報 EMCJ2003-15, pp. 13-20, May 2003.

[2] 尾崎晃弘,梶原正一,小川晃一,小柳芳雄,斎藤裕, "自由空間の近傍磁界による高速 SAR 推定方法 (1)-理論検証と実験結果," 2003 信学総大, SB-2-9, Mar.2003.

[3] 梶原正一,尾崎晃弘,小川晃一,小柳芳雄,斎藤裕, "自由空間の近傍磁界による高速 SAR 推定方法 (2)-磁界検出プローブとシステム構成," 2003 信学総大,SB-2-10, Mar. 2003.

[4] Koichi OGAWA, Akihiro OZAKI, Shoichi KAJIWARA, Atsushi YAMAMOTO, Yoshio KOYANAGI and Yutaka SAITO, "High-Speed SAR Prediction for Mass Production in a Factory by H-Field Measurements," 2004 IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium (USA), vol.3, pp.2759-2762, Jun 2004

[5] 梶原正一, 小柳芳雄, 小川晃一,"4 次最小自乗法を用いたファントム内部の SAR 推定法の検討," 電子情報通信学会 ソサエティ大会，B-4-40，Sep.2004

[6] Koichi Ogawa, Akihiro Ozaki, Shoichi Kajiwara, Atsushi Yamamoto, Yoshio Koyanagi, "An In-Factory SAR Prediction System by H-Field Measurements for Mass Production Quality Control Purposes," EMC Zurich, pp.119-122,Feb. 2005.

関連特許

(1) 小柳芳雄,斉藤裕,小川晃一,梶原正一,尾崎晃弘,浅山叔孝, “局所 SAR 測定装置及び方法”, 特許第 4010869 号

(2) 梶原正一, 尾崎晃弘, 小川晃一, 小柳芳雄, 浅山叔孝, “電磁波測定方法およびその方法”, 特許第 4481578 号

(3) 梶原正一, 尾崎晃弘, 山本温, 小川晃一, 小柳芳雄, “SAR 推定方法”, 特許第 4345010 号

(4) 斎藤裕, 小柳芳雄, 小川晃一, 梶原正一, 尾崎晃弘, 浅山叔孝, “電磁放射分布測定方法”, 特許第 4112898 号

(5) 尾崎晃弘, 小川晃一, 小柳芳雄, 斎藤裕, 梶原正一, 浅山叔孝, 山本温, “ＳＡＲ測定装置”, 特許第 4471583 号

参考資料１３

その他の測定法（２次元電界測定による推定法）

1　原理

本推定法[1]では、振幅と位相を含む 2 次元の電界分布を測定したのちに、等価定理を用いて理論的に 3 次元の SAR 分布を推定し、これを元に SAR のピーク値を求める。

等価定理によれば、図 1 のような波源を含む閉曲面 S に対して、S の外の任意の点 r における電界ベクトルは、

$$\boldsymbol{E}_{est}(x,y,z)=\frac{1}{4\pi}\int_{s}\left\{-j\omega\mu(\boldsymbol{n}\times\boldsymbol{H}')\phi+(\boldsymbol{n}\times\boldsymbol{E}')\times\nabla'\phi+(\boldsymbol{n}\cdot\boldsymbol{E}')\nabla'\phi\right\}dS \qquad (1)$$

$$\phi=\frac{e^{-jkr}}{r}$$

$$r=\sqrt{(x'-x)^2+(y'-y)^2+(z'-z)^2}$$

と記述できる。

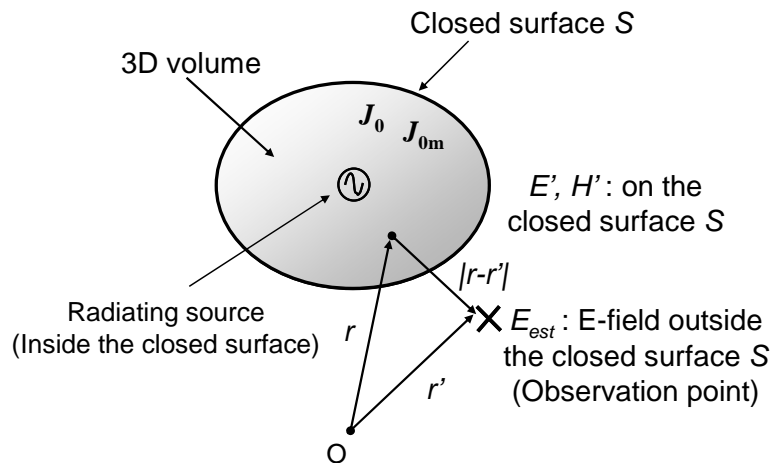



図 1　等価定理の応用

ファントム内では入射した電界が減衰するため、任意の測定点において反射波の影響が無視できるほど小さく、かつ波源側の面からのみ電波が到来していることを仮定する。図 1 のように観測面をファントム表面の近傍に設定することにより、式(1)に従ってファントム内部の任意の点での電界を推定することができる。但し、式(1)中の磁界の項は、電界測定を 2 面で行いマクスウェルの方程式の積分形式

$$\oint_{C}\boldsymbol{E}\cdot d\boldsymbol{s}=-j\omega\mu_0\int_{S}\boldsymbol{H}\cdot\boldsymbol{n}da \qquad (2)$$

を応用する方法や、鏡像原理を応用して、式(1)を

$$\boldsymbol{E}_{est}(x,y,z)=\frac{1}{2\pi}\int_{s}\{(\boldsymbol{n}\times\boldsymbol{E}')\times\nabla\phi\}dS \qquad (3)$$

と変形させる方法がある。式(3)では、図 2 における z 成分、すなわち奥行き方向の成分の電界を測定する必要はない。

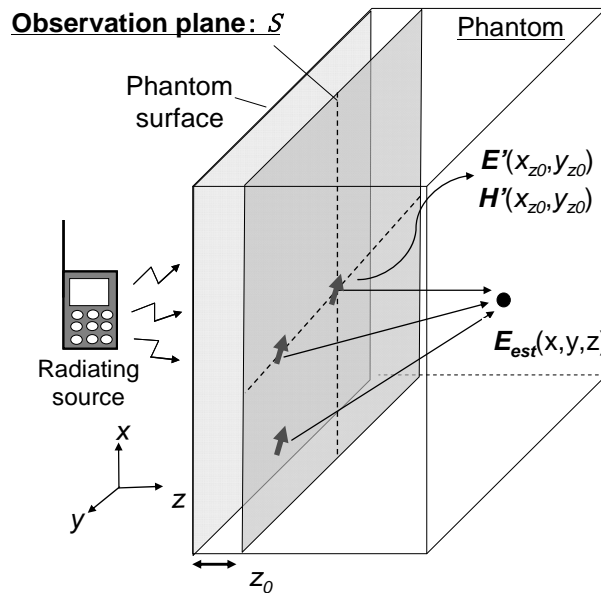



図 2　本推定法の概要

2　測定系の構成

(1) ファントム

任意の形状のファントムを使用することができる。但し、反射波の影響が無視できるだけの深さが要求される。また、ファントム内部であっても、測定面より波源側の領域については SAR 分布を推定することはできないので、注意が必要である。

(2) 電界プローブ

電界の振幅と位相を測定可能な、ベクトルプローブを用いる。例えば、電気光学（Electro Optic: EO）プローブなどが利用可能である[2]。先端部の大きさ、感度、および線形性について、本規格で要求する仕様を満足し、指向性および交差偏波識別度についても有効性が確認されている。

電界プローブは、2 次元スキャナでファントム内を走査する。あるいは、互いに擾乱のない間隔で 2 次元的に複数の電界プローブを配置してもよい。

3　測定手順

3 次元の SAR 分布を推定するためには、電界の観測面を被測定物よりも十分広い範囲に設定する必要があり、自由空間での波長の 0.2 倍程度を被測定物の大きさに加えて測定範囲とすることが望

ましい。また、電界の観測面における測定間隔は、ファントム内での波長の 0.2 倍程度より小さくすることが望ましい。

2 次元の電界分布を元に 3 次元の SAR 分布を推定し、ピーク SAR を求める。ピーク SAR の求め方は、本規格に記載のものと同様である。

4　測定誤差

電界の観測面の測定範囲について、例えば 900 MHz において、自由空間での波長の 0.03 倍程度しか被測定物の大きさに加えないと、10 g 平均 SAR で 20%以上の誤差となる。また、電界の観測面の測定間隔について、例えば 900　MHz において、ファントム内での波長の 0.4 倍程度に粗くすると、10 g 平均 SAR で 3%程度の誤差となる。

5　測定例

図 3 にように標準ダイポールアンテナと平面ファントムから構成される測定系において、本推定法を用いて SAR 分布を推定した例を示す。電界の観測面は、ファントム表面から距離 5　mm の面とする（z = 5 mm）。測定間隔は、900 MHz において 10 mm、1950 MHz および 2450 MHz において 5 mm とする。図 4 はファントム奥行き方向の SAR 分布を示しており、実線が FDTD 法による解析結果、プロットで示されているうち Method I が式(2)を、Method II が式(3)を、測定した電界分布に適用して得られた結果である。なお、ファントム表面付近（z < 5 mm）の SAR 分布は、本規格に記載の外挿によって得ている。各分布はよく一致しており、本推定法の有効性が示されている。

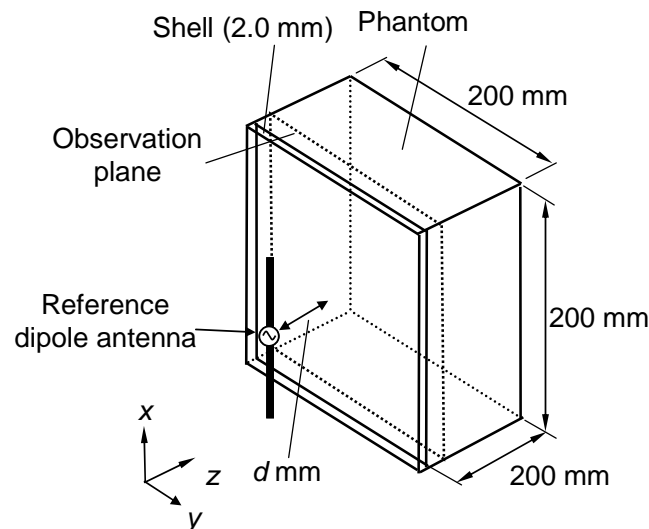



図 3　座標系

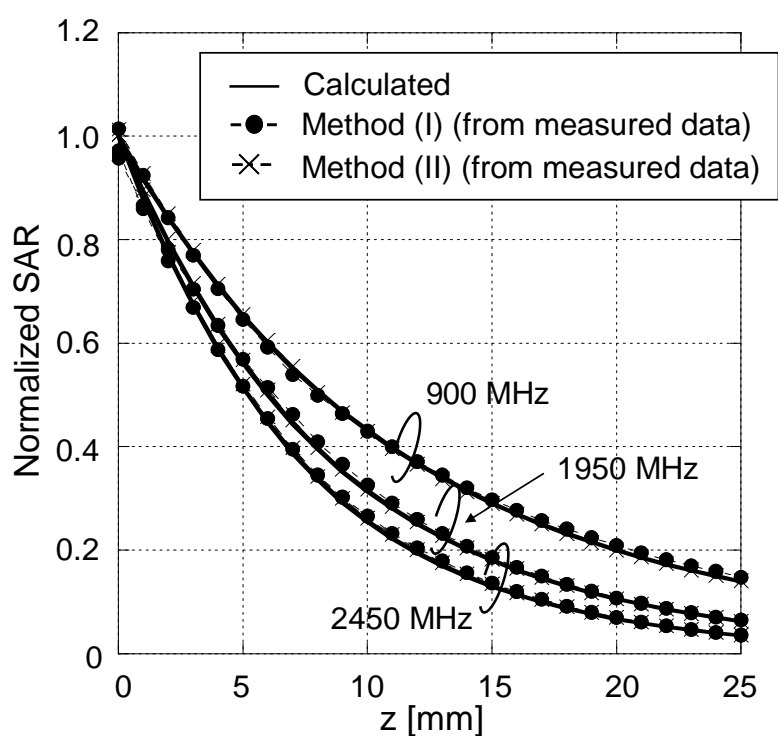



図 4　本推定法による SAR 分布推定例

参考文献

[1] K. Kiminami, T. Iyama, T. Onishi, and S. Uebayashi, “Novel Specific Absorption Rate (SAR) Estimation Method Based on 2-D Scanned Electric Fields,” IEEE Trans. Electromagn. Compat., vol. 50, no. 4, pp.828-836, Nov. 2008.

[2] T. Iyama, K. Kiminami, and T. Onishi, “Applicability of Three-Axis Electro-Optic (EO) Probe for Specific Absorption Rate (SAR) Measurement,” IEICE Trans. Commun., vol. E92-B, no. 4, pp.1414-1417, Apr. 2009.

関連特許

国内特許申請中

参考資料１４

携帯電話端末における取扱説明書への SAR 記載例

無線設備規則第十四条の二において、携帯電話端末（携帯無線通信を行う陸上移動局）等は人体における比吸収率の許容値への適合が定められている。電波産業会 電磁環境委員会では携帯電話端末の電波の安全性に関して、利用者の間で誤解を招かないよう取扱説明書への SAR 値の記載方法、携帯電話端末の使用方法等について記載方法のガイドラインを定め、電磁環境委員会の参画企業にて活用している。ここでは、局所 SAR 等の取扱説明書等への記載内容の一例として本ガイドラインを掲載する。

尚、携帯電話以外の無線設備においては、端末の使用方法等が必ずしも携帯電話と同一であるとは限らないため、取扱説明書は実際の利用形態に則した記載をすることが望ましい。

携帯電話機の比吸収率（SAR）について

この機種【機種名】の携帯電話機は、国が定めた電波の人体吸収に関する技術基準および電波防護の国際ガイドラインに適合しています。

この携帯電話機は、国が定めた電波の人体吸収に関する技術基準(※)ならびに、これと同等な国際ガイドラインが推奨する電波防護の許容値を遵守するよう設計されています。この国際ガイドラインは世界保健機関（WHO）と協力関係にある国際非電離放射線防護委員会（ICNIRP）が定めたものであり、その許容値は使用者の年齢や健康状況に関係なく十分な安全率を含んでいます。

国の技術基準および国際ガイドラインは電波防護の許容値を人体に吸収される電波の平均エネルギー量を表す比吸収率（SAR：Specific Absorption Rate）で定めており、携帯電話機に対する SAR の許容値は 2.0W/kg です。この携帯電話機の側頭部における SAR の最大値は○○○W/kg、身体に装着した場合の SAR の最大値は○○○W/kg です。個々の製品によって SAR に多少の差異が生じることもありますが、いずれも許容値を満足しています。

携帯電話機は、携帯電話基地局との通信に必要な最低限の送信電力になるよう設計されているため、実際に通話等を行っている状態では、通常 SAR はより小さい値となります。一般的には、基地局からの距離が近いほど、携帯電話機の出力は小さくなります。

この携帯電話機は、側頭部以外の位置でも使用可能です。キャリングケース等のアクセサリをご使用するなどして、身体から 1.5 センチ以上離し、かつその間に金属(部分)が含ま

れないようにしてください。このことにより、本携帯電話機が国の技術基準および電波防護の国際ガイドラインに適合していることを確認しています。

世界保健機関は、『携帯電話が潜在的な健康リスクをもたらすかどうかを評価するために、これまで20年以上にわたって多数の研究が行われてきました。今日まで、携帯電話使用によって生じるとされる、いかなる健康影響も確立されていません。』と表明しています。

さらに詳しい情報をお知りになりたい場合には世界保健機関のホームページをご参照ください。

http://www.who.int/docstore/peh-emf/publications/facts_press/fact_japanese.htm

SARについて、さらに詳しい情報をお知りになりたい方は、下記のホームページをご参照ください。

総務省のホームページ　http://www.tele.soumu.go.jp/j/ele/index.htm
一般社団法人電波産業会のホームページ　http://www.arib-emf.org/index02.html
【メーカ名】のホームページ　http://www.○○○.co.jp/○○○

※技術基準については、電波法関連省令（無線設備規則第14条の２）で規定されています。

標準規格改定履歴表

STD 番号　：　ARIB　STD－T56

規格名　：　携帯型無線端末の比吸収率測定法

改定年月日　：　平成 26 年 3 月 18 日

＜注＞　関連省令、告示等：平成 13 年総務省令第 81 号（無線設備規則の一部改正）

平成 13 年総務省告示第 628、629 及び 630 号

平成 16 年総務省告示第 88 号

平成 18 年総務省告示第 276、277 号

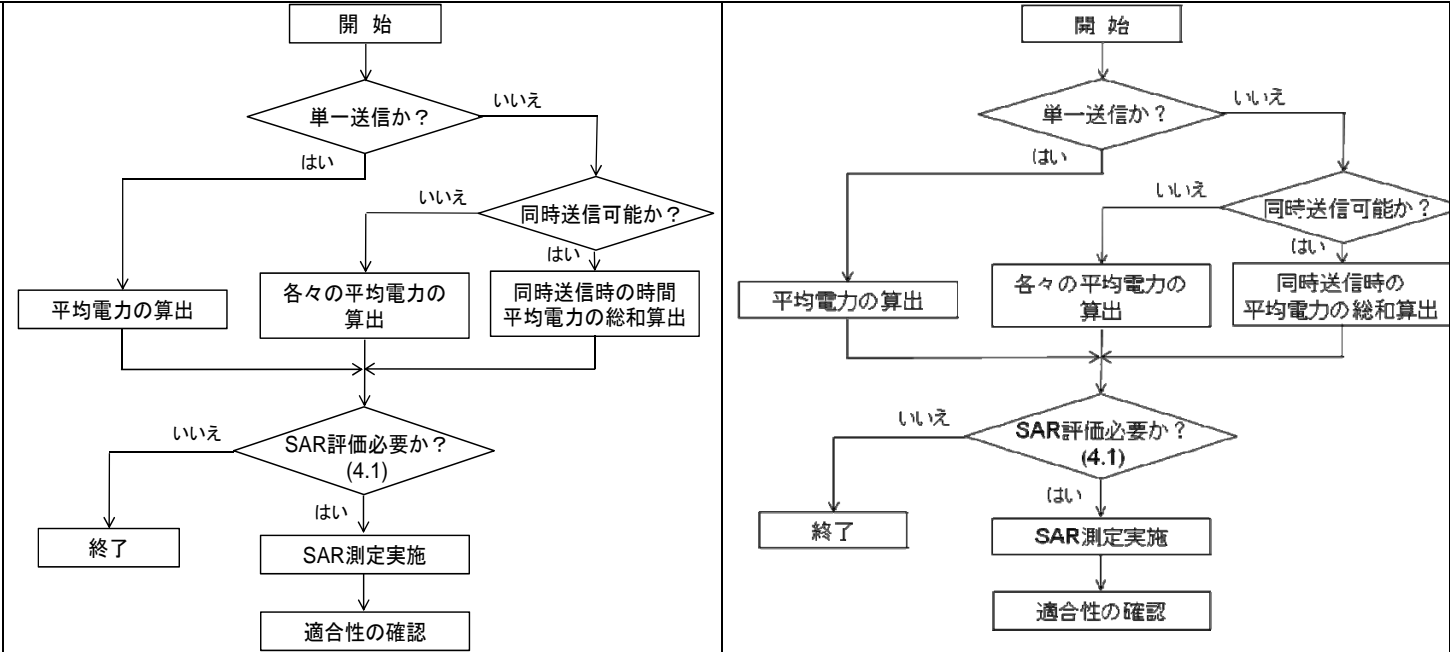
平成 25 年総務省令第 81 号（無線設備規則の一部改正）

改定番号	改定年月日	改　定　内　容	記　　事
3.2	平成 26 年 3 月 18 日	●主に、人体側頭部を除く人体に近接して使用する無線機器の測定法について、平成 25 年 8 月 23 日総務省令第 81 号と整合を図った。 ARIB T56 Ver.3.2 改訂履歴 参照	第９１回規格会議決定 ・平成 25 年度総務省令第 81 号「無線設備規則及び特定無線設備の技術基準適合証明等に関する規則の一部を改正する省令」準拠
3.1	平成 24 年 12 月 18 日	●主に、人体側頭部を除く人体に近接して使用する無線機器の測定法について、平成 23 年 10 月 28 日情通審答申と整合を図った。	第８６回規格会議決定 ・平成 23 年度情報通信審議会諮問第 118 号一部答申「携帯電話端末等に対する比吸収率の測定方法」のうち「人体側頭部を除く人体に近接して使用する無線機器等に対する比吸収率の測定方法」準拠
3.0	平成23年7月7日	●平成 22 年 3 月国際電気標準会議(IEC)62209-2 が規格化されたことに伴い、IEC 62209-2 に準拠した人体側頭部以外の SAR 測定法を追加した。 ●人体側頭部についても、平成 18 年 4 月 28 日総務省告示第 276 号と整合を図った。	第８０回規格会議決定 ・ IEC 62209-2, "Human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-mounted wireless communication devices – human models, instrumentation, and procedures – Part 1 and 2 準拠 ・総務省告示第 276 号、平成 17 年度情報通信審議会諮問第 118 号一部答申「携帯電話端末等に対する比吸収率の測定方法」のうち「人体側頭部の

			側で使用する携帯電話端末等に対する比吸収率の測定方法」準拠
2.0	平成14年1月24日	● 平成13年10月10日総務省告示第628号が公布されたことに伴い、測定の際の技術要件の詳細、及び正確な測定に必要な条件等を明確化すると共に、世界の各標準化機関（IEEE、CENELEC、IEC等）の規格との整合を図った。	第４１回規格会議決定 ・総務省告示第628号、電気通信技術審議会諮問第118号一部答申「携帯電話端末等に対する比吸収率の測定方法」のうち「人体側頭部の側で使用する携帯電話端末等に対する比吸収率の測定方法」準拠

ARIB T56 Ver.3.2 改訂履歴

項番	改定案(Ver. 3.2)	現行(Ver. 3.1)
まえがき ※誤記修正	省令	告示
まえがき ※平成 25 年度省令との整合性の確保	総務省は、この答申に基づき平成 25 年に『人体（頭部及び両手を除く。）における比吸収率の許容値及び測定方法』を制定する省令を公布した。（平成 26 年 4 月 1 日より施行）	なし
まえがき ※平成 25 年度省令との整合性の確保	その後、平成 23 年答申との整合を図るため『ARIB STD-T56 3.1 版』として改定し、今回平成 25 年省令を踏まえて『ARIB STD-T56 3.2 版』として取りまとめた。	なし
1.3.1.1.2　複数送信の場合 ※時間平均電力と平均電力を明確にする為修正	時間平均電力	平均電力

図 1.3-1　SAR 評価の基本手順 ※修正（平均電力→時間平均電力）	開 始 単一送信か？ いいえ はい いいえ 同時送信可能か？ はい 平均電力の算出 各々の平均電力の算出 同時送信時の時間平均電力の総和算出 いいえ SAR評価必要か？(4.1) はい 終了 SAR測定実施 適合性の確認	開 始 単一送信か？ いいえ はい いいえ 同時送信可能か？ はい 平均電力の算出 各々の平均電力の算出 同時送信時の平均電力の総和算出 いいえ SAR評価必要か？(4.1) はい 終了 SAR測定実施 適合性の確認
2.2　測定系の概要 ※平成 25 年度省令との整合性の確保	周囲温度は 18°C から 25°C の範囲とする。（平成 25 年総務省告示第 324 号による無線設備規則第十四条の二　以下、無線設備規則第十四条の二　と記載）	周囲温度は 18°C から 25°C の範囲とする。（無線設備規則第十四条の二）
表 2.3-1　ファントム ※平成 25 年度省令との整合性の確保また欄外の外殻の材質を表中に記載	表 2.3-1　ファントム（無線設備規則第十四条の二）	表 2.3-1　ファントム （表）｜　｜人体側頭部｜人体側頭部以外｜ ｜形状及び公差｜IEC 62209-1（図 2.3-1）（無線設備規則第十四条の二）｜IEC 62209-2（図 2.3-2）｜

<table>
<tr><td></td><td>
<table>
<tr><td></td><td>人体側頭部</td><td>人体側頭部以外</td></tr>
<tr><td>形状及び公差</td><td>IEC 62209-1（図 2.3-1）</td><td>底面が平坦で上部が開いている楕円形で、長径 600±5 mm、短径 400±5mm[備考]、底面の厚さは、2±0.2mm で、液剤を充てんした際、底面の中心におけるたわみが 2mm 未満（図 2.3-2）</td></tr>
<tr><td>外殻の材質</td><td>誘電正接は 0.05 以下、
比誘電率の実部は
3 GHz 以下で 5 以下</td><td>誘電正接は 0.05 以下、
比誘電率の実部は
3 GHz 以下で 5 以下、
3 GHz 超で 3 以上 5 以下</td></tr>
</table>
</td><td></td></tr>
<tr><td>2.3.1　形状と寸法
※修正</td><td>なし（表 2.3-1 に挿入）</td><td>ファントム外殻は、低損失かつ低誘電率の物質で構成すること。
・誘電正接は、0.05 以下であること。（無線設備規則第十四条の二）
・比誘電率の実部は、3 GHz 以下で 5 以下（無線設備規則第十四条の二）、3 GHz 超で 3 以上 5 以下であること。</td></tr>
<tr><td>2.3.1　形状と寸法
※平成 25 年度省令との整合性の確保</td><td>備考）周波数が 300 MHz を超え、ファントム外殻底面の外側表面からの離隔距離が 25 mm 以下の場合。
（１）周波数が 300 MHz を超え 800 MHz 以下
長径 0.6λ_0（λ_0は自由空間中の波長、単位はメートル）、短径 0.4λ_0の楕円形を包含すれば平面ファントム底面の壁はどのような形状のファントムでもよい。（無線設備規則第十四条の二）
（２）周波数が 800 MHz を超え 6 GHz 以下
　長径 225 mm、短径 150 mm の楕円形を包含すれ</td><td>備考）周波数が 300 MHz を超え、ファントム外殻底面の外側表面からの離隔距離が 25 mm 以下の場合。
（１）周波数が 300 MHz を超え 800 MHz 以下
長径 0.6λ_0（λ_0は自由空間中の波長、単位はメートル）、短径 0.4λ_0の楕円形を包含すれば平面ファントム底面の壁はどのような形状のファントムでもよい。
（２）周波数が 800 MHz を超え 6 GHz 以下
　長径 225 mm、短径 150 mm の楕円形を包含すれば底面の壁はどのような形状のファントムでもよ</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td></td><td>ば底面の壁はどのような形状のファントムでもよい。（無線設備規則第十四条の二）</td><td>い。</td></tr>
<tr><td>2.4　液剤
※平成 25 年度省令との整合性の確保</td><td>ファントムに充填する液剤の電気的特性は、表 2.4-1 に従うこと。表の数値間の値については、線形補間で求めること。（無線設備規則第十四条の二）液剤の調合例を参考資料４に示す。</td><td>ファントムに充填する液剤の電気的特性は、表 2.4-1 に従うこと。表の数値間の値については、線形補間で求めること。液剤の調合例を参考資料４に示す。</td></tr>
<tr><td>表 2.4-1　液剤の電気的特性
※平成 25 年度省令との整合性の確保</td><td>液剤の電気的特性（無線設備規則第十四条の二）</td><td>液剤の電気的特性</td></tr>
<tr><td>表 2.4-1　液剤の電気的特性
※今後の周波数利用状況を考慮し修正</td><td>733MHz の行を追加</td><td>なし</td></tr>
<tr><td>表 2.4-1　液剤の電気的特性
※平成 25 年度省令との整合性の確保</td><td>備考）無線設備規則第十四条の二に規定なし（線形補間）</td><td>備考）人体側頭部：無線設備規則第十四条の二に記載</td></tr>
<tr><td>表 2.5-1　SAR 計測装置
※平成 25 年度省令との整合性の確保及び備考）の記載方法を修正</td><td>
<table>
<tr><th></th><th>人体側頭部</th><th>人体側頭部以外</th></tr>
<tr><td>最小検出限界値</td><td>< 0.0 1 W/kg
（無線設備規則第十四条の二）</td><td>≤ 0.0 1 W/kg
（無線設備規則第十四条の二）</td></tr>
<tr><td>最大検出限界値</td><td>> 100 W/kg
（無線設備規則第十四条の二）</td><td>規定なし[備考]</td></tr>
<tr><td>直線性</td><td>≤ ± 0.5 dB
(0.01 W/kg ≤ SAR ≤ 100 W/kg)
（無線設備規則第十四条の二）</td><td>規定なし[備考]</td></tr>
<tr><td>電界プローブセンサ部の大きさ</td><td>保護カバー直径　≤ 8 mm</td><td>先端部直径
≤ 8 mm (f ≤ 2 GHz)
≤ λ/3 (f > 2 GHz)
（無線設備規則第十四条の二）</td></tr>
</table>
</td><td>
<table>
<tr><th></th><th>人体側頭部</th><th>人体側頭部以外</th></tr>
<tr><td>最小検出限界値</td><td>< 0.0 1 W/kg
（無線設備規則第十四条の二）</td><td>≤ 0.0 1 W/kg</td></tr>
<tr><td>最大検出限界値</td><td>> 100 W/kg
（無線設備規則第十四条の二）</td><td>規定しない[※1]</td></tr>
<tr><td>直線性</td><td>≤ ± 0.5 dB
(0.01 W/kg ≤ SAR ≤ 100 W/kg)
（無線設備規則第十四条の二）</td><td>規定しない[※1]</td></tr>
<tr><td>電界プローブセンサ部の大きさ</td><td>保護カバー直径　≤ 8 mm</td><td>先端部直径
≤ 8 mm (f ≤ 2 GHz)
≤ λ/3 (f > 2 GHz)</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

	λ:液剤中の波長（mm） 備考）不確かさで評価すること	λ:液剤中の波長（mm） ※1 不確かさで評価すること
3.1.1　一般事項 ※平成 25 年度省令との整合性の確保とそれに伴う修正	SAR 算出には、測定した電気特性を用いること。人体側頭部以外については、付録 9 に従って補正をすること。但し、補正量が負の場合には、補正を行わないこと。（無線設備規則第十四条の二）	SAR 算出には、測定した電気特性を用いること。人体側 頭部以外については、付録 9 に従って補正をすること。

表 3.1-1　セットアップ
※平成 25 年度省令との整合性の確保

	人体側頭部	人体側頭部以外
ファントム液剤温度	規定なし	18°C から 25°C の範囲とする
ファントム液剤の電気的特性	SAR 測定前の 24 時間以内に、ファントム液剤の電気的特性を測定すること。（無線設備規則第十四条の二）	SAR 測定前の 24 時間以内に、ファントム液剤の電気的特性を測定すること。（無線設備規則第十四条の二）もしくは、もし測定施設が 1 週間を上限とした間隔の測定で表 2.4-1 の値に適合できるなら、より少ない頻度に測定間隔を広げることができる
試験中の液剤温度の変化	液剤特性測定の間の液剤温度から±2°C を超えないこと。	液剤特性測定の間の液剤温度から±2°C を超えないか、または SAR 偏差が±5%以内になる温度変化か、どちらか小さい方とすること。
ファントム液剤の偏差	表 2.4-1 で指定された値に対して許容偏差±5%の範囲であること。2-3 GHz ではの比誘電率の偏差は±10%以内とすることができる。（無線設備規則第十四条の二）	表 2.4-1 で指定された値に対して許容偏差±10%の範囲であること。（無線設備規則第十四条の二）
ファントム液剤の深さ	耳の基準点（RE、LE 点）にて 15 cm 以上になること。（無線設備規則第十四条の二）	15 cm 以上になること。3 GHz – 6 GHz の周波数範囲に対しても 15 cm の深さとすることが望ましいが、液剤の上部表面からの反射により SAR 値の変動が 1%を超えないなら減らすことができる。（無線設備規則第十四条の二）

	人体側頭部	人体側頭部以外
ファントム液剤温度	規定なし	18°C から 25°C の範囲とする
ファントム液剤の電気的特性	SAR 測定前の 24 時間以内に、ファントム液剤の電気的特性を測定すること。	SAR 測定前の 24 時間以内に、ファントム液剤の電気的特性を測定すること。もしくは、もし測定施設が 1 週間を上限とした間隔の測定で表 2.4-1 の値に適合できるなら、より少ない頻度に測定間隔を広げることができる
試験中の液剤温度の変化	液剤特性測定の間の液剤温度から±2°C を超えないこと。	液剤特性測定の間の液剤温度から±2°C を超えないか、または SAR 偏差が±5%以内になる温度変化か、どちらか小さい方とすること。
ファントム液剤の偏差	表 2.4-1 で指定された値に対して許容偏差±5%の範囲であること。2-3 GHz ではの比誘電率の偏差は±10%以内とすることができる。（無線設備規則第十四条の二）	表 2.4-1 で指定された値に対して許容偏差±10%の範囲であること。
ファントム液剤の深さ	耳の基準点（RE、LE 点）にて 15 cm 以上になること。（無線設備規則第十四条の二）	15 cm 以上になること。3 GHz – 6 GHz の周波数範囲に対しても 15 cm の深さとすることが望ましいが、液剤の上部表面からの反射により SAR 値の変動が 1%を超えないなら減らすことができる。

<table>
<tr>
<td>表 3.1-2　送信機の条件
※平成 25 年度省令との整合性の確保と修正（「それ自身の」→「被測定器の」）</td>
<td>
<table>
<tr><th></th><th>人体側頭部</th><th>人体側頭部以外</th></tr>
<tr><td>送信機</td><td>被測定器の内部送信機を使うこと（無線設備規則第十四条の二）</td><td>内部、一体化、または外部で接続された送信機を使うこと（無線設備規則第十四条の二）</td></tr>
<tr><td>外部との接続</td><td>バッテリは、各測定前に十分に充電し、外部との接続がないこと。（無線設備規則第十四条の二）</td><td>通常の使用状態において必要な場合以外は、電源等のケーブルを接続しないこと。（無線設備規則第十四条の二）</td></tr>
<tr><td>単一なバッテリ充電による測定</td><td>規定なし備考</td><td>下記の方法でドリフトを評価し補正すること（詳細は、IEC 62209-2 6.1.3.2 参照）
1)　バッテリの放電特性
2)　累積ドリフト計算</td></tr>
<tr><td>外部電力源による動作機器</td><td>バッテリは、各測定前に完全に充電し、外部との接続がないこと。</td><td>バッテリは、各測定前に完全に充電し、外部との接続がないこと。但し、被測定機の電源が外部電源のみの場合は、製造者が指定したケーブルを用いて適切な外部電源に接続する。（無線設備規則第十四条の二）</td></tr>
<tr><td>送信信号</td><td>擬似的なベースバンド信号を用い、該当する通信方式の信号形式に従った連続送信とする（無線設備規則第十四条の二）</td><td>規定なし</td></tr>
</table>
</td>
<td>
<table>
<tr><th></th><th>人体側頭部</th><th>人体側頭部以外</th></tr>
<tr><td>送信機</td><td>それ自身の内部送信機を使うこと（無線設備規則第十四条の二）</td><td>内部、一体化、または外部で接続された送信機を使うこと</td></tr>
<tr><td>外部との接続</td><td>バッテリは、各測定前に十分に充電し、外部との接続がないこと。（無線設備規則第十四条の二）</td><td>通常の使用状態において必要な場合以外は、電源等のケーブルを接続しないこと。</td></tr>
<tr><td>単一なバッテリ充電による測定</td><td>規定なし備考</td><td>下記の方法でドリフトを評価し補正すること（詳細は、IEC 62209-2 6.1.3.2 参照）
1)　バッテリの放電特性
2)　累積ドリフト計算</td></tr>
<tr><td>外部電力源による動作機器</td><td>バッテリは、各測定前に完全に充電し、外部との接続がないこと。</td><td>バッテリは、各測定前に完全に充電し、外部との接続がないこと。但し、被測定機の電源が外部電源のみの場合は、製造者が指定したケーブルを用いて適切な外部電源に接続する。</td></tr>
<tr><td>送信信号</td><td>擬似的なベースバンド信号を用い、該当する通信方式の信号形式に従った連続送信とする（無線設備規則第十四条の二）</td><td>規定なし</td></tr>
</table>
</td>
</tr>
<tr>
<td>3.1.4　人体側頭部以外の測定位置
※平成 25 年度省令との整合性の確保及び被測定器の大きさが大きい場合の記載を追加</td>
<td>被測定機の製造者等が取扱説明書等において、当該機器の使用方法が明示されている場合には、明示された位置とする。（無線設備規則第十四条の二）また、試験は明示した条件に限ること。
・使用方法が明示されていない場合は、被測定機の全ての面に対してファントム外殻下部に密着させたそれぞれの位置とする。（無線設備規則第十四条の二）
・上記のほか、3.1.4.1 記載の IEC の規格 62209-2 で</td>
<td>被測定機の製造者等が取扱説明書等において、当該機器の使用方法が明示されている場合には、明示された位置とする。また、試験は明示した条件に限ること。

・使用方法が明示されていない場合は、被測定機の全ての面に対してファントム外殻下部に密着させたそれぞれの位置とする。
・上記のほか、3.1.4.1 記載の IEC の規格 62209-2 で定</td>
</tr>
</table>

	定める位置方法に準じることができる。 ・被測定機の大きさがファントム外殻の大きさを超える場合は、被測定機全体を網羅できるよう、測定位置を変更し複数回測定のこと。このとき、連続する測定における被測定機の領域を 1/3 以上重複させること。 （無線設備規則第十四条の二）	める位置方法に準じることができる。 ・被測定器の大きさがファントム外殻の大きさを超える場合は、IEC 62209-2 で定める方法で測定すること。
3.1.4.2　ホスト装置が必要な被測定器の測定位置 ※付録 5 と 6 を集約	これらの測定については付録 5 を参照のこと。	これらの測定については付録 5（USB ドングル/カードタイプ送信機）、付録 6（モジュール型送信機）を参照のこと。
3.2.1　一般条件 ※平成 25 年度省令との整合性の確保 (1)(3)(5)の文末にあった表現を項目名に集約	3.2.1　一般条件（無線設備規則第十四条の二）	3.2.1　一般条件
3.2.2　高速 SAR 測定装置を用いたスクリーニング ※側頭部の記載削除、付録番号の変更	高速 SAR 測定装置を用いたスクリーニングが適用できる。高速 SAR 測定装置を用いたスクリーニングについては付録 8 に記載している。	人体側頭部以外の測定には、高速 SAR 測定装置を用いたスクリーニングが適用できる。高速 SAR 測定装置を用いたスクリーニングについては付録 9 に記載している。

<table>
<tr>
<td>表 3.2-3 立方体走査の条件
※平成 25 年度省令との整合性の確保</td>
<td>
<table>
<tr><th></th><th>人体側頭部</th><th>人体側頭部以外</th></tr>
<tr><td>最小寸法</td><td>30 mm × 30 mm × 30 mm</td><td>30 mm × 30 mm × 30 mm
22 mm × 22 mm × 22mm
(≥ 3 GHz)</td></tr>
<tr><td>測定間隔</td><td>8 mm 以下</td><td>24/f [GHz] mm 以下
ただし、8 mm を超えない
（無線設備規則第十四条の二）</td></tr>
<tr><td>深さ方向</td><td>5 mm 以下</td><td>8-f [GHz] mm 以下
ただし、5 mm を超えない
（無線設備規則第十四条の二）</td></tr>
<tr><td>垂直方向への可変間隔</td><td>規程なし</td><td>ファントム外殻に近い 2 箇所の間隔は、12/f [GHz] mm 以下とすること。但し 4 mm を超えないこと。それ以外は、隣接する間隔に対して 1.5 倍を超えない割合で間隔を増加させることができる。</td></tr>
<tr><td>表面の法線に対するプローブ角度</td><td>30°未満</td><td>5°未満</td></tr>
</table>
</td>
<td>
<table>
<tr><th></th><th>人体側頭部</th><th>人体側頭部以外</th></tr>
<tr><td>最小寸法</td><td>30 mm × 30 mm × 30 mm</td><td>30 mm × 30 mm × 30 mm
22 mm × 22 mm × 22mm
(≥ 3 GHz)</td></tr>
<tr><td>測定間隔</td><td>8 mm 以下</td><td>24/f [GHz] mm 以下
ただし、8 mm を超えない</td></tr>
<tr><td>深さ方向</td><td>5 mm 以下</td><td>8-f [GHz] mm 以下
ただし、5 mm を超えない</td></tr>
<tr><td>垂直方向への可変間隔</td><td>規程なし</td><td>ファントム外殻に近い 2 箇所の間隔は、12/f [GHz] mm 以下とすること。但し 4 mm を超えないこと。それ以外は、隣接する間隔に対して 1.5 倍を超えない割合で間隔を増加させることができる。</td></tr>
<tr><td>表面の法線に対するプローブ角度</td><td>30°未満</td><td>5°未満</td></tr>
</table>
</td>
</tr>
<tr>
<td>3.2.3 測定手順の詳細
※平成 25 年度省令との整合性の確保及び付録番号の変更</td>
<td>(7) 人体側頭部以外の SAR 測定結果は、付録 9 に従って補正すること。ただし、補正係数ΔSAR が負の場合、測定した SAR は補正してはならない。（無線設備規則第十四条の二）</td>
<td>(7) 人体側頭部以外の SAR 測定結果は、付録 10 に従って補正すること。ただし、補正係数ΔSAR が負の場合、測定した SAR は補正してはならない。</td>
</tr>
<tr>
<td>3.2.4 複数帯域同時送信時の測定
※平成 25 年度省令との整合性の確保および修正</td>
<td>被測定機が複数の送信周波数で同時に動作する場合で、プローブ校正もしくはファントム液剤の有効な周波数範囲より離れている複数周波数の場合、付録 7 の方法により測定すること。（無線設備規則第十四条の二） 複数ある送信モードのうち 2 番目以降の出力レベルが付録 6 で定める閾値より小さい場合は、試験を省くことができる。複数帯域同時送信時の測定詳細については付録 7 を参照のこと。</td>
<td>被測定機が複数の送信周波数で同時に動作する場合で、プローブ校正もしくはファントム液剤の有効な周波数範囲より離れている複数周波数の場合、各々の送信周波数における局所 SAR を別々に測定し、同じ条件下で合計した値を被測定機の複数帯域同時送信時の局所 SAR とする。複数ある送信モードのうち 2 番目以降の出力レベルが付録 7 で定める閾値より小さい場合は、試験を省くことができる。代替法を含む複数帯域同時送信時の測定詳細については付録 8 を参照のこと。</td>
</tr>
<tr>
<td>表 4.1 指針値と平均電力の除外レベル</td>
<td>表 4.1 指針値と平均電力の除外レベル</td>
<td>表 4.1 指針値と除外レベル</td>
</tr>
</table>

<table>
<tr><td>※修正</td><td>
<table>
<tr><th>対象部位</th><th>環境</th><th>指針値　SAR_{limit}[W/kg]</th><th>除外レベル　$P_{th,m}$ [mW]</th></tr>
<tr><td>頭部および胴体</td><td rowspan="2">一般環境[備考]</td><td>2</td><td>20</td></tr>
<tr><td>四肢</td><td>4</td><td>40</td></tr>
<tr><td>頭部および胴体</td><td rowspan="2">管理環境</td><td>10</td><td>100</td></tr>
<tr><td>四肢</td><td>20</td><td>200</td></tr>
</table>
備考）人体側頭部および人体側頭部以外（両手を除く。）の指針値ついては、無線設備規則第十四条の二で規程されている。但し、四肢の除外レベル 40mW は除く。
参考）胴体および四肢の定義は、参考資料 4 を参照</td><td>
<table>
<tr><th>対象部位</th><th>環境</th><th>指針値
SAR_{limit}[W/kg]</th><th>除外レベル　$P_{th,m}$
[mW]</th></tr>
<tr><td>頭部[備考]および胴体</td><td>一般環境</td><td>2</td><td>20</td></tr>
<tr><td>四肢</td><td>一般環境</td><td>4</td><td>40</td></tr>
<tr><td>頭部および胴体</td><td>管理環境</td><td>10</td><td>100</td></tr>
<tr><td>四肢</td><td>管理環境</td><td>20</td><td>200</td></tr>
</table>
備考）人体側頭部については、無線設備規則第十四条の二で規程
参考）胴体および四肢の定義は、参考資料 4 を参照</td></tr>
<tr><td>表 4.2　不確かさの取り扱い
※修正及び平成 25 年度省令との整合性の確保</td><td>
<table>
<tr><th></th><th>人体側頭部</th><th>人体側頭部以外</th></tr>
<tr><td>不確かさ量</td><td>本測定方法において 0.4 W/kg から 10 W/kg の局所最大 SAR 値測定の拡張不確かさは 30%以下であること。
（無線設備規則第十四条の二）</td><td>本測定方法において 0.4 W/kg から 10 W/kg の局所最大 SAR 値測定の拡張不確かさは 30%以下であること。
（無線設備規則第十四条の二）</td></tr>
<tr><td>30%超の取り扱い</td><td>規程なし</td><td>拡張不確かさが 30%を超える場合、IEC 62209-2 で定める方法で、当該超えた不確かさを SAR 測定値に上乗せすること。
（無線設備規則第十四条の二）</td></tr>
</table></td><td>
<table>
<tr><th></th><th>人体側頭部</th><th>人体側頭部以外</th></tr>
<tr><td>不確かさ量</td><td>本測定方法において 0.4 W/kg から 10 W/kg の局所最大 SAR 値測定の拡張不確かさは 30%以下であること。
（無線設備規則第十四条の二）</td><td>本測定方法において 0.4 W/kg から 10 W/kg の局所最大 SAR 値測定の拡張不確かさは 30%以下であること。</td></tr>
<tr><td>30%超の取り扱い</td><td>規程なし</td><td>拡張不確かさが 30%を超える場合、IEC 62209-2 で定める方法で、当該超えた不確かさを SAR 測定値に上乗せすること。</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>第 6 章　用語の定義
※修正（同一項目が重複していたため）</td><td>削除</td><td>平均時間: 局所 SAR の平均時間も電波防護指針で 6 分と規定されている。本測定方法においては、評価対象の携帯電話端末等が 6 分間にわたって送信のみを持続する条件を想定する。</td></tr>
<tr><td>第 6 章　用語の定義
※修正（他の部分には英語の記載はないので</td><td>不確かさ：ある量の実測値と真値との差を表す推定値をいい、平均誤差、確率誤差、標準偏差等で表わされる。</td><td>不確かさ（Uncertainty）：ある量の実測値と真値との差を表す推定値をいい、平均誤差、確率誤差、標準偏差等で表わされる。</td></tr>
</table>

統一）		
第６章　用語の定義 ※修正（「平均電力」と「時間平均電力」の定義を明確化、「平均時間」そのものの解説は削除）	但し、本測定法では「平均電力」は、電波法定義の平均電力とする。 「通常の動作中の送信機から空中線系の給電線に供給される電力であつて、変調において用いられる最低周波数の周期に比較して十分長い時間（通常、平均の電力が最大である約十分の一秒間）に渡って平均されたものをいう」（電波法施行規則第二条七十） ・時間**平均電力**：電波法定義の平均電力と区別するために、電波防護指針で規定されている平均時間 6 分で平均された電力を時間平均電力と呼ぶ。	**平均時間**：局所 SAR の平均時間は電波防護指針で 6 分と規定されている。
付録１　ファントムの根拠 A1.3　手の影響について ※追加（3.2 版発行時の最新状況を追加）	一方、近年携帯電話端末の小型化に伴いアンテナを内蔵した携帯電話端末が主流であり、従来の外部アンテナに比べて手がアンテナ近傍に存在する可能性が高く、SAR 分布に影響することが予想される。そこで IEC では 2008 年より手が頭部内 SAR 分布に与える影響について検討を行っている。現段階で明らかになっていることは以下の通りである [13]。 ・特定の携帯電話端末の機種のある条件下で手の影響により SAR が増加 ・IEC では、HEMI（Hand Effect Measurement Interlab）study を実施。GSM900MHz と W-CDMA1950MHz 対応、2006 年～2010 年販売の 33 機種（42 条件）で、手のファントムと保持状態を固定して実施 ・HEMI Study より、42 機種中 6 機種で 5% ～ 40% の SAR の増加が確認された。ただし指針値は超えていない。上記結果は WCDMA1950MHz 帯で確認されたが、WCDMA1950MHz のそれ以外では 78%まで SAR が減少	したがって、頭部における局所 SAR の最大値を評価する際には、手のモデルを考慮しなくてもよい。

	・SAR の増加は、比較的低い SAR において生じている。例えば、もっとも増加した（40%）場合では、10gSAR で 0.41 W/kg ・すべての試験条件に関して、もっとも保守的な結果を与える手のファントムや保持方法は未確立 ・SAR の増加は、端末からの手のひらの距離、指の位置、指の先端がファントムに接触するなどの条件に左右される。端末を保持ししている際に指が頬に接触するとより高いレベルの増加が報告 ・より高い SAR の増加を生じる周波数と現実的な保持方法を予想する方法は存在しない ・IEC では、試験数の増加は最低限におさえるべきと考えている。 上記を踏まえ IEC にて議論した結果、頭部における局所 SAR の最大値を評価する際には、従来通り手のファントムモデルを考慮する必要がないとの結論になった [14]。	
付録２ 表 A2.6-1 標準ダイポールアンテナの寸法 ※今後の周波数利用状況を考慮し修正	733MHz の行を追加	なし
表 A2.6-2 基準 SAR 値（１W 入力） ※今後の周波数利用状況を考慮し修正	733MHz の行を追加	なし
付録４　身体装着無線機の測定位置 A4.1　概要 ※修正	バッテリ	バッテリー

付録５　モジュール状の無線機の SAR 評価 ※3.1 版の付録 5 と付録 6 を一つにまとめて内容全面改定	付録５　モジュール状の無線機の SAR 評価	付録５　USB ドングル･カード型無線機の SAR 評価 付録６　モジュール型無線機の SAR 評価
付録６以降の番号繰り上げ ※修正	付録６　複数帯域同時送信における閾値の確認方法 付録７　複数帯域同時送信機器の測定手順 付録８　高速 SAR 測定装置を用いたスクリーニング 付録９　SAR 補正	付録７　複数帯域同時送信における閾値の確認方法 付録８　複数帯域同時送信機器の測定手順 付録９　高速 SAR 測定装置を用いたスクリーニング 付録 10　SAR 補正
A6.2　電力の単純総和による確認 ※修正	同時に送信する機器の時間平均電力の総和が、表 4.1 記載の除外レベルより小さい場合、自動的に指針値を満足している。	同時に送信する機器の出力の総和が、表 4.1 記載の除外レベルより小さい場合、自動的に指針値を満足している。
A6.3　SAR 測定値を考慮した確認 ※修正	2 次的な送信機の時間平均電力が、$P_{\mathrm{available}}$ より大きい場合、2 次的な送信機の SAR 測定が必要となる。 N 個の送信機が同時に動作し、N-1 送信機の SAR が既知であれば、N 番目の送信機に対する許容レベルは下記で示される。	2 次的な送信機の出力電力が、$P_{\mathrm{available}}$ より大きい場合、2 次的な送信機の SAR 測定が必要となる。 N 個の送信機が同時に動作し、N-1 送信機の SAR が既知であれば、N 番目の送信機に対する許容レベルは下記で示される。
A7.1　概要 ※修正	同時動作する複数送信モードを搭載した機器は、原則同時動作させた状態で SAR 測定を実施する。	同時動作する複数送信モードを搭載した機器は、同時動作させた状態で SAR 測定を実施する。
A7.2.2　方法 1(局所最大 SAR の足し合わせによる評価) ※修正	本手順は、複数帯域の SAR の上限値を決定する最も簡単でかつ最も厳しい評価方法である。異なる送信モードにおける局所最大 SAR は、異なる場所に生じる可能性があるため、本方法は複数帯域 SAR を過大に評価してしまう可能性がある。	本手順は、複数帯域の SAR の上限値を決定する最も簡単でかつ最も厳しい評価方法である。
図 A7.2.2-1 方法 1 の概念 ※修正	図 A7.2.2-1 方法 1 の概念	図 A.8.2.2-1 局所最大 SAR の和
7.2.3　方法 2（最大 SAR 値の最も高い値を	尚、上式が成立しない場合には、本方法 2 は使用できず、他の方法を選択する必要がある。	尚、上式が成立しない場合には、本代替法 2 は使用できず、他の代替法を選択する必要がある。

選択する評価） ※修正（代替法を方法に変更）		
7.2.3　方法 2（最大 SAR 値の最も高い値を選択する評価） ※修正	図 A7.2.3-1 方法 2 の概念	図 A.8.2.3-1 2 次元 SAR 分布の重なり
A7.2.4　方法 3（3 次元計算 SAR データによる評価） ※修正	図 7.2.4-1　方法 3 の概念	図 8.2.4-1　合成された 3 次元 SAR 分布
A7.2.5　方法 4（3 次元走査による評価） ※修正	アクセサリ バッテリ	アクセサリー バッテリー

<table>
<tr><td>A7.2.5　方法４(3 次元走査による評価)
※修正（測定したものか計算したものかを明確にするため）</td><td>測定した
3次元走査領域
＋
⇒</td><td>3次元走査領域
＋
⇒</td></tr>
<tr><td>A7.2.5　方法４(3 次元走査による評価)
※修正</td><td>図 7.2.5-1　方法４の概念</td><td>図 8.2.5　立方体走査領域の足し合わせ</td></tr>
<tr><td>A7.3 各方法の適用例
※修正（一部不適切な条件での測定結果が含まれていたため削除）</td><td><u>削除</u></td><td>A8.3 各方法の適用例
A8.2 に記す各方法によって求めた複数波源の SAR の一例を表 A.8.3-1 に示す。これはそれぞれの周波数に対応した標準ダイポールを用いた測定結果の例である。

表 A.8.2-1 複数波源測定結果例
[W/kg]<table><tr><th></th><th>立方体走査の結果</th><th>方法 1</th><th>方法 2</th><th>方法 3</th><th>方法 4</th></tr><tr><td>2450 MHz</td><td>1.50</td><td>-</td><td>-</td><td>1.37</td><td>1.41</td></tr><tr><td>5200 MHz</td><td>0.55</td><td>-</td><td>-</td><td>0.49</td><td>0.44</td></tr><tr><td>複数波源の SAR</td><td></td><td>2.05</td><td>1.50</td><td>1.41</td><td>1.42</td></tr></table></td></tr>
<tr><td>A8.3 高速 SAR 試験</td><td>A8.3 高速 SAR 試験</td><td>なし</td></tr>
</table>

※修正（最新状況を追加）	IEC 62209-2:2010において、本文に高速SAR測定法による評価の概要は記載されているが、具体的な手順は規定されていない。一方、IEC 62209-1:2005と同等な規格である IEEE 1528-2013 において、IEC 62209-2:2010 で定められた測定装置を用いた高速 SAR 測定法による評価手順が詳細に記載されている[17]。従って、高速SAR測定法による条件の絞り込みが可能である。これは、IEC 62209-1:2005およびIEC 62209-2:2010の改定作業を行っているIEC内のプロジェクトと共同で検討した方法であり国際規格に定められた方法とみなすことができる。	
参考文献 ※修正	(13) （IEC TC106 MT1, "Options to deal with the question of the hand effect on the peak spatial-average SAR in the head of cell phone users," 106/284/Q, Augst 2013. (14) IEC TC106 MT1, "Result of Questionnaire 106/284/Q," Nov. 2013. (15) T. Iyama and T. Onishi, "Variations in SAR of wireless communication devices caused by host devices," IEICE Trans. Commun., vol. 94-B, no. 12, pp. 3603 – 3606, Dec. 2011. (16) T. Onishi, "SAR variations with respect to wireless data communication devices operated with host device," IEICE Trans. ComEX, vol. 1, no. 4, pp. 160 - 164, Oct. 2012. (17) IEEE, "IEEE recommended practice for determining the peak spatial-average Specific Absorption Rate (SAR) in the human head from wireless communications	(13) T. Iyama and T. Onishi, "Variations in SAR of wireless communication devices caused by host devices," IEICE Trans. Commun., vol. 94-B, no. 12, pp. 3603 – 3606, Dec. 2011. (14) T. Onishi, "SAR variations with respect to wireless data communication devices operated with host device," IEICE Trans. ComEX, vol. 1, no. 4, pp. 160 - 164, Oct. 2012.

	devices: measurement techniques," IEEE standard coordinating committee 39, Std. 1528, Sept. 2013.	
参考資料６ 1.1 概要 ※修正（最新状況を追加）	LTE 通信方式は従来の通信方式に比べて非常に多くの送信状態のパラメータが存在するためそれらの送信条件の中から最大 SAR を抽出する手順を定めることは重要である。参考資料６では、IEC TC106 MT1 における検討結果と 3GPP における RF 出力電力の測定条件を基本とした SAR の測定手順例を示している。IEC において RB 数，RB 配置，変調，帯域幅，周波数について検討した結果、以下が明らかになっている。 ・1RB/QPSK 変調の条件が最大 SAR を与える可能性が高い ・RF 出力と SAR には 25%ばらつき内(k = 1)で比例関係にある	LTE 通信方式は従来の通信方式に比べて非常に多くの送信状態のパラメータが存在するためそれらの送信条件の中から最大 SAR を抽出する手順を定めることは重要である。参考資料６では、3GPP における RF 出力電力の測定条件を基本とした際の Band 1（2 GHz 帯）における SAR の測定手順例を示している。表 1 と図 1 に 3GPP 規定の Band 1 の測定条件を示す。
1.2 LTE パラメータ ※修正（最新状況を追加）	1.2 LTE パラメータ 上記結果を基に条件の組み合わせは以下の通りとする。 ・1RB/QPSK 変調を送信周波数帯域のうち一番広い帯域について、チャネルあたり 3 つ配置する ・チャネルの下限，中央，上限に配置する ・それ以外については、表 1 および表 2 記載の 3GPP 測定条件を用いる 参考に 3GPP 定義の Band 1 (2 GHz 帯)の配置を図 1 に示す。なおオレンジ色は MPR=0、青色は MPR ≥ 1、赤色は 3GPP 規定以外の条件を示している。また、赤い点線の部分は、同じ条件が存在するので省略することができることを示している。	なし
1.3 SAR 測定手順 ※修正（最新状況を追加）	内容を全面改定	

参考資料 7 ※修正（最新状況を追加）	内容を全面改定	
参考資料 8 ２　計算式と手順 ※修正	手順 2 の式 2.1a から式 2.1d で算出した係数 A、B、C、D を用いて次式により、$P_{th,m}$'を 計算する。	手順 2 の式 2.1a から式 2.2d で算出した係数 A、B、C、D を用いて次式により、$P_{th,m}$'を 計算する。
参考資料 9 高速 SAR ※修正（最新状況を追加）	2.1 以前の部分内容を全面改定	
参考資料 10 FCC 測定法 ※削除	3.1 版の参考資料 10 は項目ごと削除 但し、その後の番号は繰り上げない	
参考資料 14 ※平成 25 年度省令との整合性の確保	無線設備規則第十四条の二において、携帯電話端末（携帯無線通信を行う陸上移動局）等は人体における比吸収率の許容値への適合が定められている。	無線設備規則第十四条の二において、携帯電話端末（携帯無線通信を行う陸上移動局）等は人体頭部における比吸収率の許容値への適合が定められている。
参考資料 14 ※修正（身体に装着した場合の SAR 値を記載する）	国の技術基準および国際ガイドラインは電波防護の許容値を人体に吸収される電波の平均エネルギー量を表す比吸収率（SAR：Specific Absorption Rate）で定めており､携帯電話機に対する SAR の許容値は 2.0W/kg です。この携帯電話機の側頭部における SAR の最大値は○○○W/kg**､身体に装着した場合の SAR の最大値は○○○W/kg です｡**個々の製品によって SAR に多少の差異が生じることもありますが､いずれも許容値を満足しています。	国の技術基準および国際ガイドラインは電波防護の許容値を人体頭部に吸収される電波の平均エネルギー量を表す比吸収率（SAR：Specific Absorption Rate）で定めており､携帯電話機に対する SAR の許容値は 2.0W/kg です。この携帯電話機の側頭部における SAR の最大値は○○○W/kg です。個々の製品によって SAR に多少の差異が生じることもありますが、いずれも許容値を満足しています。
参考資料 14 ※修正	携帯電話機は、携帯電話基地局との通信に必要な最低限の送信電力になるよう設計されているため、実際に通話**等を行って**いる状態では、通常 SAR はより	携帯電話機は、携帯電話基地局との通信に必要な最低限の送信電力になるよう設計されているため、実際に通話している状態では、通常 SAR はより小さい

	小さい値となります。一般的には、基地局からの距離が近いほど､携帯電話機の出力は小さくなります。	値となります。一般的には、基地局からの距離が近いほど、携帯電話機の出力は小さくなります。
参考資料 14 ※修正（推奨のキャリングケースに関する記載を削除）	この携帯電話機は、側頭部以外の位置でも使用可能です。キャリングケース等のアクセサリをご使用するなどして、身体から 1.5 センチ以上離し、かつその間に金属(部分)が含まれないようにしてください。このことにより、本携帯電話機が国の技術基準および電波防護の国際ガイドラインに適合していることを確認しています。	この携帯電話機は、側頭部以外の位置でも使用可能です。【携帯電話事業者もしくは携帯電話製造メーカ】推奨のキャリングケース等のアクセサリを用いて携帯電話機を身体に装着して使用することで、この携帯電話機は電波防護の国際ガイドラインに適合します（※2）。【携帯電話事業者もしくは携帯電話製造メーカ】推奨のキャリングケース等のアクセサリをご使用にならない場合には､身体から 1.5 センチ以上の距離に携帯電話機を固定でき、金属部分の含まれていない製品をご使用ください。
参考資料 14 ※平成 25 年度省令との整合性の確保	※技術基準については、電波法関連省令（無線設備規則第 14 条の２）で規定されています。	※1 技術基準については、電波法関連省令（無線設備規則第 14 条の２）で規定されています。 ※2 携帯電話機本体を側頭部以外でご使用になる場合の SAR の測定法については、平成 22 年３月に国際規格（IEC62209-2）が制定されました。国の技術基準については、平成 23 年 10 月に情報通信審議会より答申されています。